

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Katedra Botaniky, oddělení Geobotanika



Bc. Cecilie Jarošíková

Vlastnosti rostlin určující druhové složení luk na bývalých polích

Species traits determining species composition on abandoned fields

diplomová práce

Školitel: doc. RNDr. Zuzana Münzbergová Ph.D.

Praha, 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 29.8.2011

Podpis

I. Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří pomohli ke vzniku této práce.

Na prvním místě samozřejmě své školitelce, bez jejíž odborné pomoci by vůbec nebylo možné práci provést. Taktéž jí děkuji za velkou trpělivost, se kterou si na mě a tuto práci vždy udělala čas a odpovídala na často hloupé otázky.

Dále pak děkuji celé své rodině a příteli, kteří mě celou dobu psaní práce hmotně i duševně podporovali a bez jejichž pomoci by nebylo v mých silách práci dokončit.

Sluší se poděkovat i škole a všem z řad vyučujících i spolužáků, kteří pomohli vytvořit dobré studijní i lidské prostředí, ve kterém se hezky pracovalo a žilo, po několik posledních let.

A nakonec bych chtěla poděkovat všem svým přátelům, kamarádům a známým, kteří mě neustále znovu a znovu utvrzovali v tom, že tato práce má smysl. Bez jejich neviditelné, ale velmi důležité pomoci by všichni výše zmínění měli mnohem těžší práci.

A v neposlední řadě děkuji Bohu, že mi všechny tyto lidi poslal do cesty.

Výčet těch, kterým patří můj dík by mohl zabrat stejnou délku, jako práce sama, proto nezbývá než vše shrnout do jediného slova: Děkuji.

II. OBSAH

I. PODĚKOVÁNÍ.....	3
II. OBSAH.....	4
III. ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
IV. ABSTRACT.....	6
KEY WORDS:	6
V. JAK PRÁCI ČÍST	7
VI. ÚVOD	8
CÍLE A OTÁZKY	10
VII. VLASTNÍ PRÁCE.....	12
1. STUDOVANÉ ÚZEMÍ A JEHO SPECIFIKA	12
2. JAKÉ DRUHY ROSTOU NA KTERÉM TYPU LUK ?	14
1. <i>METODIKA</i>	14
2. <i>Statistické zpracování</i>	15
3. <i>Výsledky</i>	17
3. JAK LZE POPSAT DRUH, TYPICKÝ PRO URČITÉ STÁŘÍ LUK	26
1. <i>Výběr druhů pro získávání vlastních dat</i>	26
2. <i>Charakteristiky druhu:</i>	29
a) <i>Metodika</i>	29
(1) <i>Vlastní data</i>	29
(2) <i>Údaje z databází</i>	33
b) <i>Statistické zpracování dat</i>	38
(1) <i>Vlastní data</i>	38
(2) <i>Údaje z databází</i>	40
c) <i>Výsledky:</i>	41
(1) <i>Robustnost dat:</i>	41
(2) <i>Vztah charakteristik a stáří luk</i>	43
(a) <i>Rozložení dat závislé proměnné</i>	43
(b) <i>Vlastní data</i>	44
(c) <i>údaje z databází</i>	48
(3) <i>Shrnující statistiky</i>	62
(a) <i>Které charakteristiky spolu souvisí?</i>	63
VIII. DISKUZE	68
IX. ZÁVĚR	75
X. LITERATURA	76
XI. PŘÍLOHY.....	82
1. PŘÍLOHA 1	82
2. PŘÍLOHA 2	84
3. PŘÍLOHA 3	87

III. Abstrakt

Ač je sukcesnímu vývoji věnováno mnoho pozornosti, jen málo prací se věnuje přímému měření změn funkčních typů rostlinných druhů během sukcese. Ještě méně prací je pak věnováno hospodářsky využívaným, vlhkým loukám, kde je sukcese pod stálým vlivem seče. Tato práce má pomoci vyplnit tuto mezeru.

Studovány byly louky na území jižní části CHKO Slavkovský Les (Okres Karlovy Vary, západní Čechy). V předchozích pracích byly z map historického obhospodařování vytipovány louky na polích opuštěných před 15, 35 a 55 lety a louky, které v posledních sta letech zůstávají loukami. Na nich byly pořízeny fytocenologické snímky všech čtyř kategorií luk a porovnáno jejich druhové složení. V této práci se zabývám popisem funkčních typů druhů, rostoucích na různě starých loukách a usuzuji podle změn druhového složení s pomocí Ellenbergových indikačních hodnot na změny abiotického prostředí.

Výsledky ukazují, že v průběhu sukcese dochází k prodlužování délky života rostlin a zpomalování jejich životního cyklu (opoždění dospívání). Klesá tendence k tvorbě semenné banky i schopnost dálkového šíření semen. Stoupá životaschopnost semenáčků a poměrná investice do nadzemní biomasy. Dále mají druhy tendenci kvést dříve a kratší dobu, což je patrně adaptace na jarní seč. Naopak se nepodařilo prokázat žádný vztah stáří luk k velikosti semen, schopnosti vegetativního rozmnožování, výšce a stavbě rostlinného těla.

Nejvýraznější změnou abiotického prostředí je narůstající vlhkost luk. Ta může být místně specifickým důsledkem kolapsu melioračních zařízení. Zároveň s ní dochází k ochlazování a okyselování lokalit.

Klíčová slova

Vlhké trávníky, hospodářsky využívané louky, sekundární sukcese, druhové složení, funkční typy, Ellenbergovy indikační hodnoty, semenná banka, šíření semen, vegetativní rozmnožování, stavba rostlinného těla.

IV. Abstract

Though succession is a widely studied process, there are only a few reports dealing with changes in plant functional types in the course of succession. Even fewer studies are dealing with agricultural, wet meadows, which are under continuous impact of mowing. The aim of this work is to fill this gap.

The studied area is situated in south part of CHKO Slavkovský Les (region of Karlovy Vary, West Bohemia). In previous works grasslands on arable field after 15, 35 and 55 years after abandoned and continual grasslands in last 100 years were detected from historical agriculture maps. The relevés on all types of grassland were made and the species pool was investigated. In this work I investigate the functional types and life-history traits of these species and I also look for Ellenberger values and changes of abiotic environment.

The result suggests that the late – successional species are long-lived and have slower life cycle (they mature later). Their seeds are less persistent and have worse dispersal ability. Their seedlings are more viable and the species invest more to aboveground biomass than to underground. Late-successional species also flower earlier and shorter time, what seems to be an adaptation to mowing. I found no relationship between successional age in which the species occur and seed mass, vegetative dispersal, plant height and plant morphology.

The most significant shift in abiotic environment is the rising soil moisture. But it can be local specific consequence of collapse of subsoil drain. Simultaneously the sites become colder and more acid.

Key words:

Wet grasslands, agriculture meadows, secondary succession, species pool, functional types, Ellenberger values, seed bank, seed spread, vegetative growth, body construction

V. Jak práci číst

Tato práce se zabývá vztahem mezi funkční biologií lučních druhů rostlin a dobou, po kterou se travnaté společenstvo, ve kterém rostou, nepřerušeně vyvíjí. Nejedná se o studium změn uvnitř jednoho druhu, ale o porovnávání funkčních charakteristik mezi druhy.

Navazuji na starší práci Tomáše Procházky (Procházka 2009), který provedl analýzu druhového složení různě starých, vlhkých luk na opuštěných polích Slavkovského Lesa. Jeho práce zároveň ukazuje, že historie porostu má prokazatelný vliv na druhové složení luk. Mým úkolem je ověřit tuto skutečnost na delší časové škále a přesněji popsat, druhy jakých vlastností jsou favorizovány na kterém stáří luk.

Z těchto dvou okruhů vyplývá i dělení práce, které není zcela standardní: po úvodu společném oběma okruhům otázek, totiž řeším každý okruh zvlášť. Takže po úvodu následuje metodika, výsledky a stručný závěr části zkoumající charakteristiky fytoocenologických snímků a jejich vztahu ke druhovému složení s důrazem na získání popisu vztahu druhového složení se stářím luk. Teprve na tuto část navazuje metodika, výsledky a stručný závěr části, zabývající se popisem druhů. Diskuze je opět společná pro obě části, protože především výsledky druhé části nejsou dobře interpretovatelné bez ohledu na první část.

VI.Úvod

Neodmyslitelnou součástí dnešní střeoevropské krajiny jsou nejen lesy a pole, ale také louky a trvalé trávníky. Ve valné většině se jedná o sekundární, antropogenně udržované bezlesí, pouze některé vysokohorské louky, skalní stepy a rašeliniště se dají považovat za bezlesí primární (Procházka 2009). Přesto jsou tato společenstva jedním z našich druhově nejbohatších biotopů (např. Konvička et al. 2005).

Na trávníky můžeme pohlížet jako na střední fázi sukcese, s intermediální mírou disturbance. Právě ta zajišťuje vysoké druhové bohatství (Kleyer 1999, Chytrý et al. 2001, Huston a Smith 1987, McIntyre et al. 1999). Přesto je dosud málo známo o pochodech, kterými probíhá sukcese, je-li zablokována právě ve stádiu trávníku. Částečně byla zkoumána tato problematika na suchých trávnících, blízkých přirozenému bezlesí (Diaz 2001, Chýlova a Münzbergová 2008, Köhler et al. 2001, Prach et al. 2001, Ruprecht 2005, částečně Řehouňková a Prach 2006) mnohem méně pozornosti bylo ale věnováno mezofilním a vlhkým loukám, kterými se zabývá tato práce (např.: Diemer et al. 2001, Roshenta 2010, částečně Austrheim et al. 1999, Řehouňková a Prach 2006). Pojďme se tedy blíže podívat na tuto problematiku.

Sekundární sukcese probíhá všude tam, kde existuje vyvinutá půda a diaspory alespoň některých druhů a vegetační kryt byl zcela odstraněn. V prvních fázích půdu obsazují jednoleté plevely, později vytrvalé byliny, mezi kterými začínají kolem osmého roku dominovat trávy. Kolem desátého roku vývoje se začínají objevovat první dřeviny a postupně se vyvíjí les (Prach et al. 2001, Prach 2003, Putten et al. 2000). Obecně první kolonizátoři mívají větší nároky na světlo a často i živiny, zatímco pozdně sukcesní druhy snášejí zastínění a nedostatek živin (Paschke et al. 2000, Pierce et al. 2008, Smith et al. 2008). První fáze sukcese jsou tedy typické úbytkem volného dusíku z půdy, který je zabudováván do rostlinných těl. Jeho hladina se postupně ustálí na nízké úrovni (Compton et al. 2007, Paschke et al. 2000). V pozdních fázích sukcese (u nás je za klimax považován 200-300 let starý les, ale pozdní fáze sukcese bývá počítána zhruba od třicátého roku vývoje, tj. s nástupem dřevin (Prach 2003)) je většina fixace dusíku řízena symbiotickými bakteriemi (DeLuca et al. 2007).

V případě obdělávaného pole dochází ke každoroční letální disturbanci v podobě orby. Takto krátký časový úsek jsou schopny využívat pouze jednoleté rostliny, které do dalších let

přežívají v podobě semen v půdě (Putten et al. 2000) a právě ony následně dominují počátku sukcesního vývoje (Putten et al. 2000).

Když dojde k opuštění pole a tudíž ukončení tohoto cyklu disturbancí, nachází se čerstvě opuštěné pole v podobě holé půdy s (téměř) nulovým vegetačním krytem, malým podílem nerozložené organické hmoty, ale velkým obsahem minerálních látek (Krahulec in Procházka 2009). Semena, která se sem dostanou, jsou tedy vystavena vysokému výparu a na některých místech též odnosu půdy větrem či vodou, ale jinak mají téměř ideální podmínky. Největším problémem rostlin v této fázi je, jak diaspory na takto uvolněné místo dostat, protože semen zde bývá nedostatek (Handlova a Münzbergová 2006, Reine et al. 2006).

Volná půda pak pomalu zarůstá a přechází v travobylinné společenstvo. Začíná se zde uplatňovat mezidruhovú konkurence, a to v první fázi především v nadzemím boji o světlo. (Prach et al. 2001). V této fázi se také začíná významně uplatňovat selekční síla seče i pastvy, která odstraňuje značnou část nadzemní biomasy a favorizuje rostliny s obnovovacími meristémy těsně u povrchu půdy nebo pod ním (Konvička et al. 2005). Tento faktor také nakonec zastaví nástup dřevin a další pokračování přirozené sukcese směrem k lesu (Doležal in Procházka 2009, Austrheim et al. 1999).

Přerušení přirozeného vývoje se obecně říká blokovaná sukcese (Begon et al. 1997), i když tento termín není v našem případě zcela přesný. Proces totiž není navracen zcela na začátek a neběží znovu podle klasického schématu plevel – louka – les, ale jeho vývoj se od určitého bodu prostě směřován jinak. Vzniká relativně stálé travobylinné společenstvo, které se dále vyvíjí. A právě vývoj tohoto společenstva nás bude zajímat.

Je zřejmé, že pokud chceme srovnávat sukcese na různých lokalitách, nemůžeme srovnávat přímo druhy, protože ty budou vždy jiné, ale jejich funkční typy (Diaz et al. 2001, Klimešová et al. 2008, Putten et al. 2000, McIntyre et al. 2001, Noble a Habiba 1996). Jak bylo řečeno, v první fázi půdu bohatou na živiny obsazují především jednoleté plevely – tedy druhy s velkou schopností rychle využívat nadbytek živin a tudíž i rychlým vývojem a životním cyklem (Diaz 2001, Paschke et al. 2000). Zároveň bývají charakterizovány velkým šířícím potenciálem (dobře šířitelná a početná semena) (Prach et al. 2001, Noble a Habiba 1996). Se zapojováním porostu tyto druhy ustupují druhům konkurenčně silnějším. V průběhu sukcese se druhy čím dál tím více specializují na schopnost vytrvat na stanovišti, a využít i nedostatkové zdroje. Tento proces je charakterizován prodlužováním životního cyklu, celkovým zvyšováním druhů a stoupajícím počtem symbióz a vyšší provázaností společenstva (Diaz 2001, Prach et al. 2001).

Cíle a otázky

Jak bylo ukázáno, existuje mnoho studií zabývajících se přirozenou sukcesí, ať již primární či sekundární. Většina jich ale studuje buď změny určitého faktoru prostředí (nejčastěji dusíku a živin), nebo zkoumá druhové složení a na jeho základě usuzuje na probíhající změny na základě terénní zkušenosti. Málokdo se zabývá přímo měřením jednotlivých charakteristik vztahovaných k sukcesí (částečně Kahmen a Poschlod 2004, Prach et al. 1997, Navas et al. 2003).

Navíc se většina autorů zabývá nenarušovanou sukcesí. Nás budou zajímat louky, což je ekosystém dlouhodobě udržovaný lidskými zásahy, které jsou specifickým mechanismem blokování sukcese.

Tato práce má ale dvě části a každém ze zmíněných oddílů si logicky kladu jiné otázky. Pojdme si je krátce okomentovat.

První oddíl: Které druhy rostou na kterém typu luk?

Základní otázka je položena již v názvu oddílu. Abychom na ni mohli ale odpovědět, rozčlením ji do několika dílčích otázek.

První a nutnou otázkou je: **Má stáří vliv na druhové složení luk?** Nedá se tento vliv vysvětlit jiným způsobem (například prostorovou autokorelací stejně starých snímků)? Je stáří rozumnou proměnnou, ke které vztahovat druhovou diverzitu (má dostatečnou výpovědní hodnotu)?

Pouze pokud odpovíme kladně na všechny tyto otázky, můžeme přejít k další otázce: **Jak stáří louky sledovat?** Ač je stáří dostatečně jednoznačná proměnná, nemusí být vždy snadné jej určit a sumarizovat. Historické mapy zachycují jen některé časové řezy, což přináší otázku, zda je lepší vnímat stáří jako kategoriální proměnnou několika stupňů, nebo zda jej lze vnímat tak, jak je obvyklé – tudíž lineárně.

Teprve v závislosti na těchto otázkách můžeme odpovídat na základní otázku a to **které druhy rostou na jak starých loukách.**

Druhý oddíl: Jak lze popsat druh, typický pro určité stáří luk.

V této části nejprve studuji pouze 40 vybraných druhů, pro které zjišťuji jejich charakteristiky z vlastních výzkumů, později pak všechny druhy ve snímcích a charakteristiky získávám z databází.

U první části je tedy nutné se nejprve ptát, zda je výběr druhů dostatečně reprezentativní pro gradient stáří.

Další kategorie otázek pramení z ověřování kvality vlastních dat. Jedinou otázkou z této kategorie, kterou stojí za to zodpovědět i samostatně je **nakolik způsob zakopávání a klíčení semen ovlivňuje výsledky výzkumu semenné banky.**

Poslední kategorie otázek je ta, která nás skutečně zajímá: **Zkoumám jednotlivé charakteristiky druhů a pro každou z nich se ptám, zda dokáže vysvětlit rozdělení druhů na gradientu stáří.** Podrobněji se pak ptám na dílčí otázky: **Které charakteristiky spolu souvisí? Dá se změna druhového složení vysvětlit pouhým vlivem šíření druhů? Dá se ze změn druhového složení usuzovat na nějakou změnu prostředí v průběhu stárnutí luk?**

Poslední otázkou pak, na kterou se budu pokoušet ale odpovědět až v závěrečné diskuzi a srovnávání s jinými, již dříve vyšlými články pak je, nakolik tyto změny odpovídají změnám v nenarušované sukcesní řadě (směřující k lesu).

VII. Vlastní práce

Jak bylo předesláno v úvodu, tento oddíl je rozdělen do dvou na sebe navazujících částí. První nazývám „Jaké druhy rostou na kterém typu luk?“ a zabývá se zpracováváním fytoecologických snímků a hledáním vztahu mezi druhovým složením a stářím luk. Druhá část nazvaná „Jak lze popsat druhy, preferující různě staré louky?“ je rozdělena na dvě podčásti: část, ve které prezentuji svá vlastní data a ve které se zabývám pouze čtyřiceti vybranými druhy. Ve druhé části zpracovávám údaje z databází a pracuji s maximálním možným počtem druhů.

Obě části uvozuje společný popis studovaného území.

1. Studované území a jeho specifika

Zájmové území se nachází v jižní části CHKO Slavkovský les – asi 15km východně od Mariánských Lázní (západní Čechy). Konkrétně se jedná především o okolí obcí Ovesné Kladruby, Mrázov, Horní Kramolín, Bezvěrov a Služetín (viz mapa 1). Centrem oblasti je vodní nádrž Podhora. Celá oblast leží v nadmořské výšce zhruba 700 m.n.m.

Tato oblast je výrazně vlhká a chladná. Klimaticky odpovídá např. Šumavskému pohoří a to jak teplotně, tak vlhkostně, ač je oblast o něco méně deštivá – část vláhy zde dodávají prameny (jedná se o oblast prameniště řeky Teplé a jejího horního toku) (Web – meteorologický atlas 2011). Území se tudíž vyznačuje vlhkými loukami svazů *Arrhenatherion elatioris* a *Calthion palustris* a spadá do oblasti mesofytika až oreofytika (Chytrý 2001 in Procházka 2009).

Geologicky leží oblast na přeměněných horninách typu amfibolitu. Ten vzniká většinou přeměnou čedičů a jedná se tedy o minerálně relativně bohatý substrát, čemuž odpovídá i bohatý výskyt minerálních pramenů v okolí (Mariánské Lázně).

Mapa 1: Zájmová oblast je vyznačena červenou linií



Po demografické stránce se jedná o oblast zasaženou odsunem německy hovořících obyvatel po druhé světové válce, tudíž osídlenou relativně řídce. Přesto se jedná o krajinu pod dlouholetým lidským vlivem – od roku 1191, kdy byl v Teplé postaven premonstrátský klášter, spadala většina území pod jeho práva. Většina zmíněných obcí je známá již ze třináctého století. Tepelští premonstráti stáli roku 1812 i u založení Mariánských Lázní (Web – Klášter Teplá).

Jedná se tedy o oblast, kterou člověk využívá po staletí a ve které v poslední době došlo k mnoha změnám. S odsunem německy hovořícího obyvatelstva dochází též k opouštění mnoha polí, která neměl kdo obdělávat (např. v Ovesných Kladrubech žilo roku 1882 501 obyvatel, dnes zde žije 123 obyvatel (Web – Ovesné Kladruby). Tyto skutečnosti činí tuto oblast ideální pro náš výzkum, protože zde dnes nacházíme mnoho trvalých travních porostů (obhospodařovaných jako louka či pastvina), které vznikli v různých obdobích z opouštěných polí a zároveň plochy, které jsou obhospodařované jako louky již nejméně sto let.

Studované trvalé travní porosty v této oblasti je často téměř nemožné rozdělit na louky a pastviny, protože většina území se střídavě seče a pase. Proto ponechávám termín „louka“ všem trvalým travním porostům, bez ohledu na způsob managementu (podobně Procházka 2009). V oblasti se nachází též ochránářsky významné oblasti Natura, o jejichž management se stará CHKO Slavkovský les. Ty jsou často udržovány nepravidelnou, maloplošnou sečí.

2. *Jaké druhy rostou na kterém typu luk ?*

1. METODIKA

Stáří luk

Prvním krokem práce bylo zjistit stáří současných travních porostů. Tyto údaje pochází z mapových podkladů, které byli digitalizovány v systému GIS. Konkrétně jde o mapy: Státní mapy odvozené (dále jen SMO) z padesátých let (konkrétně: 1951–1953), sedmdesátých let (1970–1975) a devadesátých let (1987–1993). Vždy jde o měřítko 1:5 000. Zájmovou oblast pokrývají listy: Mariánské Lázně 2.9, 3.9, 4.9 a Tachov 2.0, 3.0, 4.0. (Procházka 2009). Nejstarší mapová vrstva (mapa stabilního katastru z roku 1838) digitalizována nebyla a byla použita pouze k vyhledání kontinuálních luk.

Stáří louky pak uvádím takto: 55 let – opuštěno v padesátých letech: tj. ve vrstvě 50. let ještě vedeno jako pole, ve vrstvě 70. let již vedeno jako louka/pastvina. Podobně: 35 let: v SMO 70 pole a v SMO 90 louka, 15 let v 90 letech pole, dnes louka. Stáří 100 let uvádím u luk, které jsou ve všech čtyřech časových řezech loukou. Nejstarší údaj z mapových podkladů je sice starý 163 let, ale nemáme žádný kontrolní časový řez, proto u luk předpokládám pouze stáří více jak sto let.

Tuto práci jsme prováděli ve větším týmu a mám na ní pouze malý podíl.

Snímky

Dalším krokem bylo fytocenologické snímkování luk. Tuto práci jsme neprováděla já, ale snímky přebírám od starších kolegů. Snímky vznikaly postupně: prvních 83 zachycujících kontinuální louky vytvořil v letech 2005-6 v obdobích od konce června do půlky srpna Přemek Tájek. V následujících dvou letech (2007-8) pak Tomáš Procházka vytvořil 190 snímků luk na bývalých polích. Mírně posunuté bylo snímkování i během roku a to na dobu od začátku července do půlky září.

Snímky byly v obou případech v zájmové oblasti umístěny náhodně podle výše zmíněných mapových podkladů. V případě polí vždy byl umístěn vždy jeden snímek v každém poli, které existovalo v padesátých letech (krajinu dělilo množství úzkých pruhů polí). V terénu pak byly dohledány pomocí souřadnic GPS. Oba druhy snímků byly vždy o rozměrech 5x5m a odhadují celkovou pokryvnost rostlin na základě Braun-Blanquetovy stupnice.

Podloží

U všech snímků jsem ze zjednodušené geologické mapy 1:50 000 dostupné na internetu ze stránky České geologické služby (web – geology) odečetla podloží. Většina území je zde tvořena amfibolitem, v okolí Mrázova a Ovesných Kladrub je ale několik snímků na rule. V oblastech kolem vodních toků převládají svahové sedimenty typu hlíny a písku, ve velmi mokřích oblastech pak rašeliny a slatiny.

2. Statistické zpracování

Výběr druhů a zpracování snímků

Do svých dalších výzkumů zařazuji pouze vyšší rostliny tj. vynechávám veškeré údaje o mechovém patře (které ve snímcích bývalých polí nejsou úplné). Podobně vynechávám všechny druhy, které se ve snímcích objevují pouze třikrát a méně.

Podle stáří louky dělím snímky do čtyř kategorií:

Snímků stoletých luk (považovaných za kontinuální) je dohromady 84, z nichž ale později bylo 9 vyloučeno z důvodu zarůstání dřevinami (pokryvnost stromového nebo keřového patra 2 a více procent.) Jednalo se především o zarůstání olší lepkavou (*Alnus glutinosa*) a smrkem ztepilým (*Picea abies*). Bylo zde nalezeno 184 druhů vyšších rostlin.

Snímků polí opuštěných přibližně před 55 lety bylo dohromady 85. Zde jsem neměla důvod žádný snímek vyloučit. Celkově se zde nacházelo 185 druhů

Nejméně je snímků polí opuštěných v sedmdesátých letech, to je přibližně třicetipětiletých. Je jich pouze 25 ale opět jsou všechny snímky použitelné. Nachází se na nich 101 druhů.

Snímků nejmladších luk je 80 a opět jsou všechny zahrnuty do dalších analýz. Celkem je zde 158 druhů

Dáme-li dohromady všech 266 snímků, setkáme se dohromady s 209 druhy. Do dalších analýz používám ale jen druhy, které se vyskytují alespoň třikrát, což je 181 druhů vyšších rostlin.

Ve všech výpočtech (s výjimkou uvedenou níže) používám rozšířenou Braun-Blanquetovu stupnici, kterou uvádím jako číselnou hodnotu podle tabulky 1. Vždy u ní používám transformaci dat pomocí druhé odmocniny a snížení váhy vzácných druhů.

Výjimkou je analýza nejčastěji se opakujících druhů v jednotlivých kategoriích snímků, kde používám prostou prezenci/absenci druhů ve snímku (bez dalších úprav). Sleduji tak rozdíl mezi druhy dominujícími ve snímcích (s vysokou pokryvností) a těmi druhy, které se ve snímcích opakujících sice často, ale nikdy nedosahují vysokých pokryvností (druhy rostoucími roztroušeně, ale po celé snímkové oblasti).

Tabulka 1: Braun-Blanquetova stupnice a její převod na % hodnoty užívané v analýzách.

Stupeň	r	+	1	2m	2a	2b	3	4	5
Pokryvnost v %	0,02	0,1	2,5	5	8,75	18,75	37,5	62,5	87,5

Poloha snímků

Pro prostorové umístění snímků používám souřadnice používané systémem GIS pro střední Evropu (S-JTSK Krovak EastNorth). Ty odpovídají číslům v řádu -10 000 000 s relativně malými odchylkami (rozdíl mezi minimem a maximem byl 8246,97 u severojižní souřadnice, respektive 7636,10 u východo-západní), což při zpracovávání v Canocu působilo různé potíže. Proto jsem nejprve od všech hodnot odečetla minimum souboru a následně je vydělila rozptylem a násobila 100 000, čímž se souřadnice dostaly do rozsahu přibližně 0-200, který již pracoval bezproblémově. Jedná se o lineární transformaci dat, která nemá na výsledek analýzy žádný vliv.

Nadmořská výška

Nadmořskou výšku snímku jsem odečítala z turistické mapy (Klub Českých turistů 2009). Jako nadmořskou výšku snímku uvádím nejbližší spodní vrstevnici (krok je tedy 10 m). Minimální hodnota je 660, maximální 780 m. n. m. Tato čísla nebyla nijak upravována.

Stáří snímku

Používám hodnotu vyčtenou z historických map a to následujícím způsobem: Stáří 100 let uvádím u luk, které jsou ve všech čtyřech časových řezech loukou, 55 let u polí opuštěných po mapování v padesátých letech, 35 let opuštěno v sedmdesátých letech, 15 let v devadesátých letech. Čísla nijak dále neupravuji.

Tuto proměnnou vnímám dvěma způsoby: buď jako výše popsané jednotlivé kategorie (nazývané pracovně „kategoriální stáří“), nebo jako lineární proměnnou času (nazývané „lineární stáří“).

3. Výsledky

Druhy hojné v různých kategoriích snímků

Podle stáří máme čtyři kategorie snímků, začnu nejstaršími. Sleduji jak četnost výskytů druhů ve snímcích („opakující se druhy“), tak pokryvnost druhů ve snímcích („dominující druhy“). Za opakující se druhy považuji ty, které se vyskytují ve více jak 70% snímků. Dominující druhy pak určuji jako takové, které mají v součtu v celé kategorii průměrnou pokryvnost alespoň 15% (tj. v Braun-Blanquetově rozšířené stupnici by v každém snímku měly být průměrně na alespoň 2b).

V nejstarší kategorii snímků se opakují tyto druhy: *Cirsium palustre*, *Deschampsia cespitosa*, *Galium uliginosum*, *Rumex acetosa*, *Festuca rubra*. Pokryvnosti nad 15% dosáhl jediný druh a to *Deschampsia cespitosa*. Dále téměř desetiprocentní celkovou pokryvnost má *Potentilla palustris*, která v mnohých snímcích dominuje (pokryvnost 4 až 5) ale v jiných se téměř nevyskytuje. Podobný trend můžeme sledovat i u *Carex nigra*, která má jako jediný další druh celkovou pokryvnost přes 5%.

V kategorii padesátipětiletých luk se opakují druhy: *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Taraxacum sect. ruderalia*, *Alchemilla aff. vulgaris*, *Rumex acetosa*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis* a *Ranunculus repens*. Dominují zde především běžné trávy mezofilních luk: *Agrostis capillaris*, *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra* a dále *Trifolium repens*. Dalšími druhy s celkovou pokryvností na 5% jsou: *Alchemilla aff. vulgaris*, *Anthriscus sylvestris*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Hypericum maculatum*, *Lathyrus pratensis*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*, *Taraxacum sect. ruderalia*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Veronica chamaedris* a *Vicia cracca*.

V kategorii třicetipětiletých luk se opakují opět podobné druhy: *Anthriscus sylvestris*, *Dactylis glomerata*, *Rumex acetosa*, *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Cerastium holosteoides ssp. trivialis*, *Festuca rubra*, *Poa trivialis*, *Holcus lanatus*, *Trisetum flavescens* a *Veronica chamaedris*. Dominantními druhy jsou *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*.

Dalšími druhy s pokryvností nad 5% jsou: *Agrostis capillaris*, *Alopecurus pratensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Cirsium arvense*, *Holcus lanatus*, *Rumex acetosa*, *Tanacetum vulgare* a *Trisetum flavescens*.

Ve snímcích nejmladší kategorie (patnáctiletých) se hojně opakují druhy: *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Trifolium repens*, *Phleum pratense*, *Anthriscus sylvestris*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis* a *Trifolium hybridum*. Dominují vesměs stejné druhy, jako v předchozí kategorii, konkrétně tedy: *Lolium x multiflorum* (které bývá často dosíváno), *Taraxacum sect. ruderalia*, *Trifolium repens*. A druhy s pokryvností nad 5% jsou: *Agrostis capillaris*, *Alopecurus pratensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Cirsium arvense*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense* a *Trisetum flavescens*.

U nejstarších luk dominují jednoznačně vlhkomilné až bahenní rostliny (mezi opakujícími se druhy jsou spíše rumištní rostliny). V kategorii padesátiletých se dominující i opakující druhy dají laicky shrnout jako běžné luční druhy – výrazně převládají trávy. Tento trend postupně mizí směrem k mladším loukám, kde přibývá jetelů a dvouděložných rostlin.

Dáme-li dohromady všech 266 snímků, setkáme se dohromady s 209 druhy z nichž ve více jak 70% snímků se vyskytují pouze: *Rumex acetosa*, *Festuca rubra*, *Taraxacum sect. Ruderalia*. Dominující druhy jsou *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Trifolium repens*. Další druhy s pokryvností nad 5% jsou *Agrostis capillaris*, *Alopecurus pratensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca rubra*, *Phleum pratense* a *Trifolium pratense*.

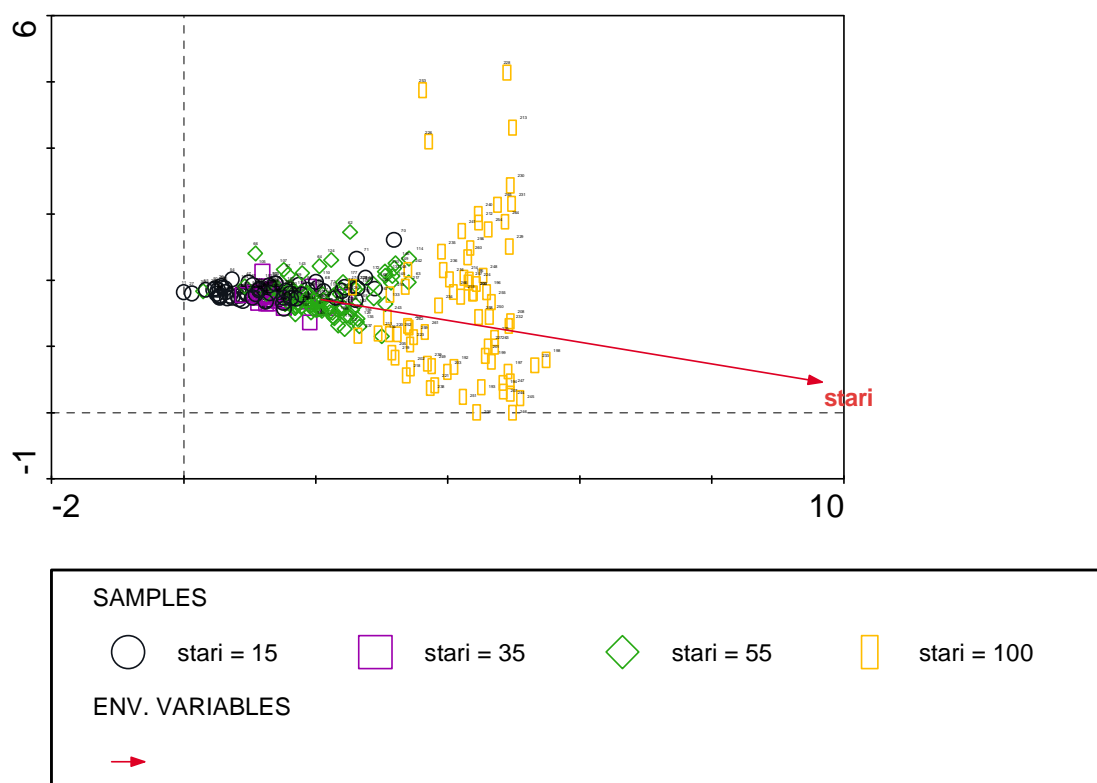
Podobnost snímků – nepřímá analýza

V programu CANOCO jsem provedla nepřímou DCA analýzu všech těchto 266 snímků (údaje o pokryvnosti jsou transformovány druhou odmocninou) a v grafu nechala barevně zvýraznit jednotlivé věkové kategorie luk (viz graf 1). Hlavní osa popisuje 11,07% celkové variability souboru, druhá osa pak 4,89% celkové variability.

Tato analýza ukazuje, že snímky se opravdu rozděluje docela slušně podle gradientu stáří louky, který se přibližuje k hlavní ose. V mladých loukách je minimum další variability, na starších loukách je pak variabilita větší. Rozdělení prvních tří věkových kategorií sice není zcela přesvědčivé, ale i zde hlavní osa přibližně odpovídá věkovému gradientu.

Graf 1: Nepřímá DCA analýza podobnosti snímků na základě druhového složení se stářím louky užítým jako dodatečná proměnná prostředí.

Barevně jsou označeny jednotlivé kategorie stáří luk.



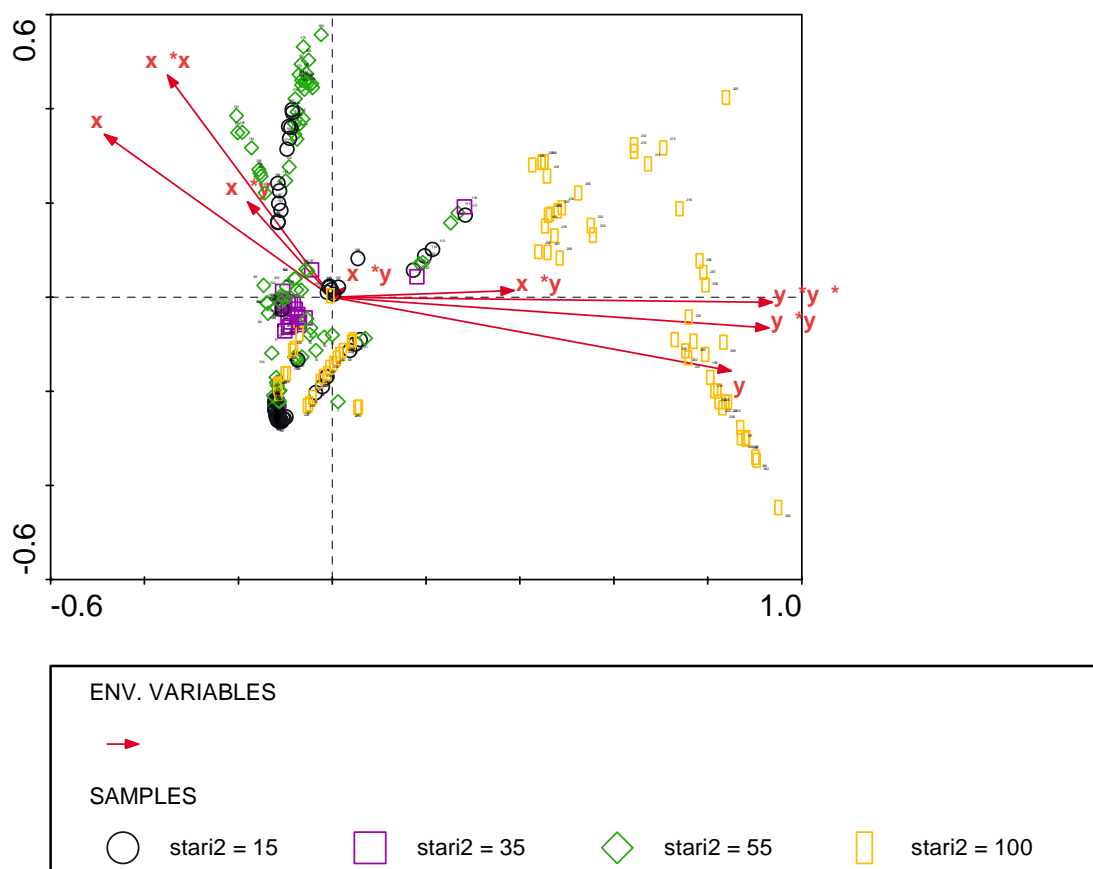
Prostorová struktura

Jedním z problémů je shlukovitost snímků v jednotlivých kategoriích. V padesátých letech byla pole úzkými pruhy a později byly opouštěny celé oblasti, nikoli jednotlivá pole, čímž jsou si stejně staré snímky i fyzicky blízko a můžeme tedy očekávat jejich podobnost.

Za účelem odstranění tohoto problému jsem provedla CCA analýzu bez kovariát opět s odmocninovou transformací dat a se sníženou vahou vzácných druhů, kde jsem sledovala vztah snímků k jejich souřadnicím. Vysvětlující proměnou v tomto případě byly x-ová, y-nová souřadnice snímku a jejich interakce až do třetího řádu (xx, xy, yy, xxx, xxy, xyy, yyy). (Testování interakcí postupným výběrem potvrzuje, že vliv žádné z těchto proměnných není zcela vysvětlitelný kombinací předchozích a všechny mají průkazný efekt) Její výsledek zachycuje graf 2, ze kterého lze jasně vyčíst skupiny snímků odpovídající jednotlivým současným loukám. Prostorová struktura vysvětluje celkově 11,57% variability. Efekt prostorové struktury je průkazný jak při testu první kanonické osy (F-ratio = 11,055, P-value = 0,0020) tak při testu všech kanonických os dohromady (F-ratio = 3,677, P-value = 0,0020). Vliv je tedy výrazný a ve všech dalších analýzách ho používám jako kovariátu.

Graf 2: CCA analýza vztahu snímků luk k jejich poloze

(x je severojižní souřadnice snímku, y východozápadní, součiny jsou různou jejich kombinací). Snímky jsou opět obarveny podle stáří.



Shlukování snímků nelze zabránit, pokud snímkuje současné louky podle jejich historie, vliv blízkosti luk nás ale nezajímá. Proto souřadnice v dalších analýzách používám jako kovariátu a jejich vliv tak odčítám.

Nadmořská výška

Stejnou analýzu provádím i pro nadmořskou výšku. (Tedy CCA bez kovariát, kde je pokryvnost druhů upravena odmocninovou transformací a snížena váha vzácných druhů. Vysvětlující proměnnou je tentokrát nadmořská výška.)

Nyní jediná kanonická osa vysvětluje 2,11% celkové variability a její efekt je průkazný: F-ratio = 5,625 a P-value = 0,002. I nadmořskou výšku tedy používám jako další kovariátu.

Vliv podloží

Další rušivou proměnnou je pro mě podloží snímků. Uvádím ho jako 4 oddělené proměnné (amfibolit, rula, sedimentované horniny, rašelina) a počítám opět CCA analýzu v programu Canoco s odmocninovou transformací a snížením váhy vzácných druhů.

Podloží vysvětluje celkově 6,02% variability. Efekt je průkazný jak při testu první kanonické osy (která vysvětluje 66,7% z vysvětlené variability) ($F\text{-ratio} = 10,852$, $P\text{-value} = 0,0020$) tak při testu všech os dohromady ($F\text{-ratio} = 5,539$, $P\text{-value} = 0,0020$).

Všechny čtyři kategorie prostředí tedy používám v dalších analýzách jako kovariáty.

Vliv stáří louky

Jak bylo uvedeno v metodice, stáří analyzuji dvěma způsoby: jako lineární čas a jako čtyři kategorie luk, vyčtené z historických map.

V prvním pojetí tedy беру čas jako lineární. V programu Canoco jsem provedla přímou opět CCA analýzu se sníženou vahou vzácných druhů a odmocninovou transformací dat.

Bez jakýchkoli kovariát (lineární) stáří louky vysvětluje 7,66% celkové variability jeho efekt je průkazný. Tato osa vysvětluje víc, než první nekanonická osa (eigenvalues 0,425 a 0,323).

Jelikož stáří louky je proměnná, která mě zajímá, pokusím se její vliv očistit pomocí výše ověřených kovariát. Po tom, co do analýzy přidám určení polohy (s interakcí do třetího stupně), nadmořskou výšku a podloží, vypadá podíl vysvětlené variability následujícím způsobem: Stáří louky vysvětluje pouze 3,45% celkové variability v datech, přesto je jeho efekt stále průkazný: $F\text{-ratio} = 10,434$, $p\text{-value} = 0,002$.

Pokud na stáří nebudeme koukat jako na souvislou proměnnou, ale jako na čtyři kategorie, které známe z map, je celková analýza ještě o něco silnější: I s kovariáty vysvětluje 6,12% celkové variability.

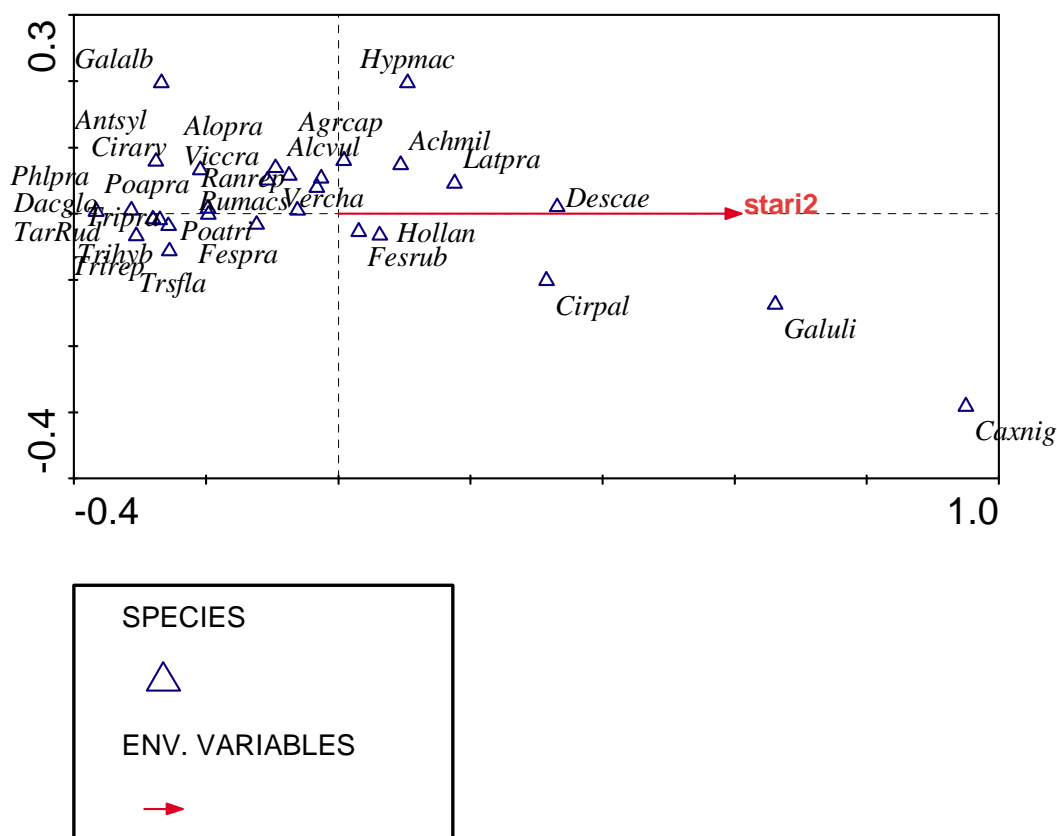
Efekt stáří je průkazný jak při testu první kanonické osy, tak při testu všech kanonických os dohromady ($F=13,676$ pro první osu, $F=6,424$ pro všechny tři kanonické osy, p vždy 0,002). První osa (odpovídající kategorii staletých luk – viz. graf 3) vysvětluje 86,8% vysvětlené, tj. 4,43% celkové variability. Bez kovariát vysvětluje celá analýza dokonce 12,18% celkové variability ($F\text{-ratio}$ pro první osu 25,791 a 11,984 pro všechny osy, $p\text{-value}$ opět 0,002 u obojího)

Protože nás v další části bude zajímat právě jaké druhy rostou na jak starých loukách, zastavím se u těchto analýz a ukáži je podrobně.

Z grafu 3 (lineární stáří) je vidět, že druhy se docela dobře rozdělily podél osy stáří – existují tedy druhy, preferující mladé louky a druhy, preferující louky staré. Velmi podobný obrázek dostaneme i pokud stáří louky vnímáme jako kategoriální proměnou (Graf 4) (zdánlivé přimykání kategorie 15 a 35 let starých luk je způsobeno zobrazením, kdy 35leté louky leží na třetí ose, směřující do prostoru – tato osa ale vysvětluje nejméně variability).

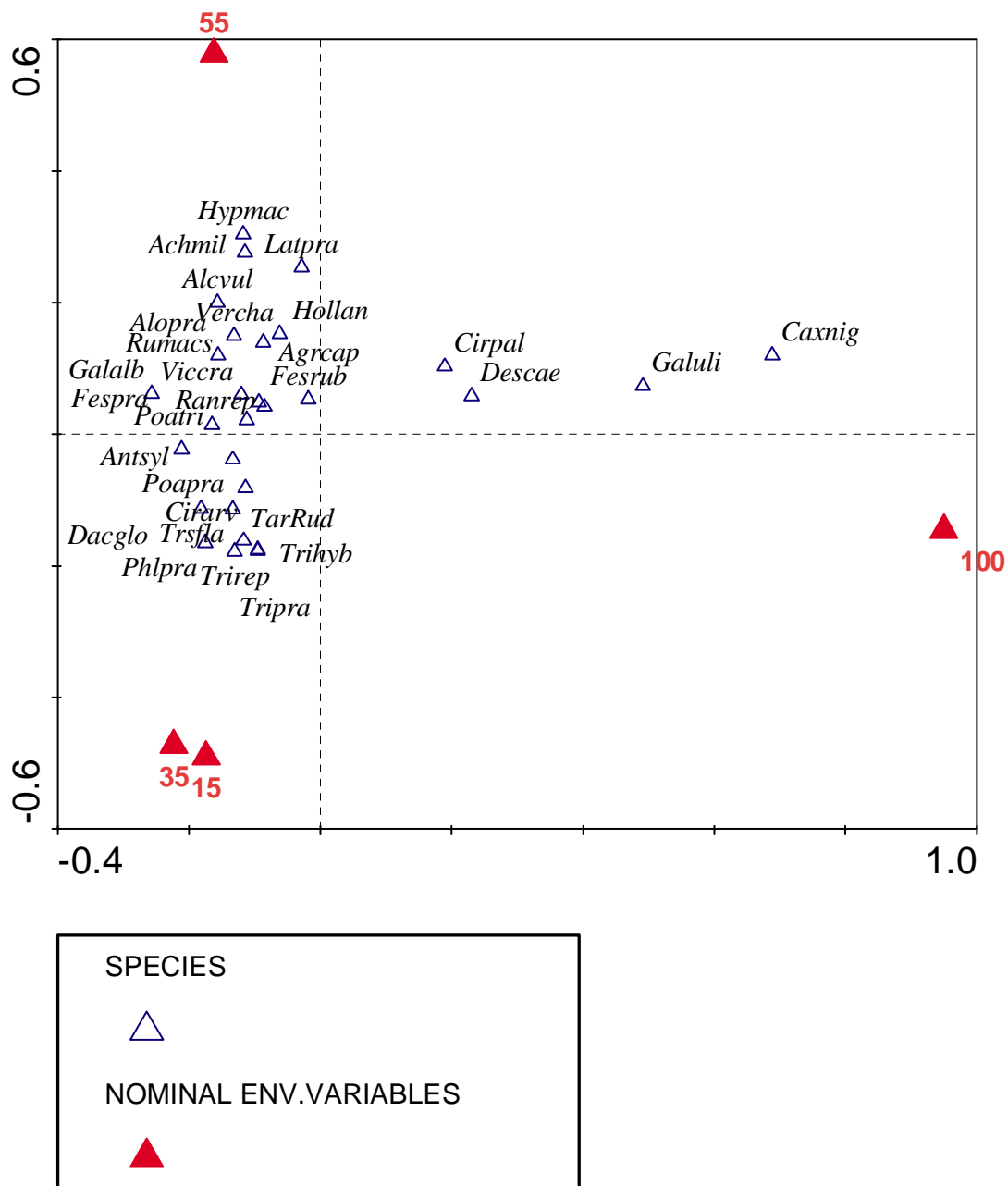
Graf 3: CCA analýza vztahu druhů ke stáří louky chápanému jako lineární proměnná.

Zobrazují 29 druhů s vahou pro analýzu 20 a více.



Graf 4: CCA analýza vztahu druhů ke kategorii stáří luk.

Zobrazují 29 druhů s vahou pro analýzu 20 a více.



Vnímáme-li čas jako lineární, není odpověď na otázku, jak jsou druhy rozloženy na gradientu stáří, vůbec těžká. Stačí vyhledat polohu druhů vůči první kanonické ose v CCA analýze (s kovariátami) a prohlásit tato čísla za námi hledanou proměnnou (viz příloha 2).

Problémem ale je, zda lineárně vnímané stáří opravdu popisuje jednotlivé věkové kategorie luk. Rozdíly ve vysvětlené variabilitě upřednostňují chápání stáří jako kategoriální proměnné. (Lineárně vnímané stáří vysvětluje 3,45% celkové variability v datech, zatímco první osa

kategoriálně vnímaného stáří (odpovídající kategorii staletých luk) 4,43% celkové variability, tedy téměř o procento víc.) Ta je ale v Canocu mnohem hůře uchopitelná.

Podíváme-li se do grafu 4 znovu, zjistíme, že k první ordinační ose se těsně přimyká kategorie stoletých luk, zatímco ostatní kategorie se od ní dost odchyľují do prostoru. Pokud by to tak bylo, mohli bychom prohlásit, že první ordinační osa této analýzy také vlastně zobrazuje stáří louky.

Pro ověření této teorie provádím ještě stejně postavenou CCA analýzu se všemi kovariátami, odmocninovou transformací a sníženou vahou vzácných druhů, kde jako jedinou vysvětlující proměnnou nechávám kategorii „stáří 100“, která odpovídá rozdělení luk na nově vzniklé a kontinuální.

Efekt kategorie „stáří 100“ je při testu kanonické osy průkazný. Tato osa vysvětluje 4,36% celkové variability, což je pouze o zanedbatelnou část méně, než v první osa kategoriálně vnímaného stáří.

Následně porovnávám pořadí druhů na hlavní ose všech tří výše zmíněných analýz (CCA s vysvětlující proměnnou lineární stáří, kategoriální stáří a stoleté louky, vždy se všemi kovariátami) pomocí korelačního koeficientu v programu Excel. Korelační koeficienty jsou následující:

0,725841 pro porovnání staletých luk a lineárního stáří,

0,818482 pro porovnání lineárního stáří a kategoriálního stáří

0,976790 pro porovnání staletých luk a kategoriálního stáří.

Z to, že pořadí na první ordinační ose je téměř úplně stejné (korelační koeficient 0,976790), pokud jako vysvětlující proměnnou beru všechny čtyři kategorie stáří a pouze kategorii stoletých, nám jednoznačně potvrzuje, že na první ordinační osu má vliv téměř výhradně tato kategorie.

Horší korelace už je mezi pořadím druhů na ose stáří vnímané kategoriálně a na ose stáří vnímané lineárně. Zde jsou si pořadí podobná na 82%, což je mnoho na to, abychom pořadí prohlásili za odlišná, ale málo na to, abychom je s čistým srdcem považovali za stejná. Nadále budu tedy všechny vlastnosti druhů vztahovat ke dvou různým proměnným: jak ke stáří luk vnímané lineárně, tak k pořadí snímků na první ordinační ose analýzy stáří vnímané kategoriálně.

Která z charakteristik snímku vypovídá o druhovém složení nejvíc?

Původní otázka zněla: Je stáří louky rozumným ukazatelem pro vysvětlení druhového složení? Pojďme si shrnout vysvětlující sílu jednotlivých proměnných.

V tabulce 2 uvádím míru celkové vysvětlené variability u jednotlivých proměnných. Vždy se jedná o CCA analýzy s odmocninovou transformací dat a se sníženou vahou vzácných druhů. Varianty bez kovariát jsou podrobněji rozepsané výše. Ve sloupci, kde započítávám kovariáty, jsou výše uvedené pouze analýzy stáří. Ostatní případy nepovažuji za dostatečně zajímavé, abych je uváděla podrobně. Jako kovariáty zde používám nadmořskou výšku, podloží, souřadnice s interakcemi do třetího řádu a stáří vnímané jako kategoriální, s tím, že z kovariát vždy vyloučím testovanou proměnnou.

Všechny analýzy jsou průkazné jak jako celek, tak první kanonická osa (je-li jich víc).

Tab 2. Míra celkové variability druhového složení vysvětlená jednotlivými charakteristikami snímků.

Proměnná	Vysvětlené procento variability bez kovariát		Vysvětlené procento variability s kovariáty		Počet kanonických os
	celkově	1.osou	celkově	1.osou	
Prostorová struktura (s interakcemi)	11,5 %	4,18%	6,51%	1,64%	9
Nadmořská výška	2,11%	2,11%	0,68%	0,68%	1
Podloží	6,02%	4,02%	1,64%	0,94%	3
Stáří (lineární)	7,66%	7,66%	3,45%	3,45%	1
Stáří (kategoriální)	12,8%	9,05%	6,12%	4,43%	3

Z tabulky snadno vidíme, že dvě proměnné jsou podobně silné: Stáří vnímané kategoriálně a prostorová autokorelace. Obojí je ale částečně způsobeno faktem, že čím více os proložíme daty, tím více variability vysvětlíme, což vysvětluje částečně i pokles vysvětlující síly mezi stářím vnímaným lineárně a kategoriálně.

Při porovnávání míry vysvětlené variability tedy musíme koukat na počet kanonických os. A zde proměnná stáří louky vnímaná lineárně, která tvoří pouze jednu osu, výrazně předčí všechny ostatní proměnné s nízkým počtem os. Pro srovnání uvádím i variabilitu vysvětlenou pouze první osou. Ve všech případech stáří louky vysvětluje výrazně nejvíce celkové variability. Zdá se tedy, že je to nejlepší vysvětlující proměnná, kterou jsme dosud našli.

3. Jak lze popsat druh, typický pro určité stáří luk

1. Výběr druhů pro získávání vlastních dat

V části práce uvozované jako vlastní data pracuji jen s 42 druhy a jejich charakteristikami (viz příloha 1), které pochází z mých vlastních pokusů. Než se tedy pustíme do studia jednotlivých charakteristik, pojďme si ukázat, jak byly tyto druhy vybrány.

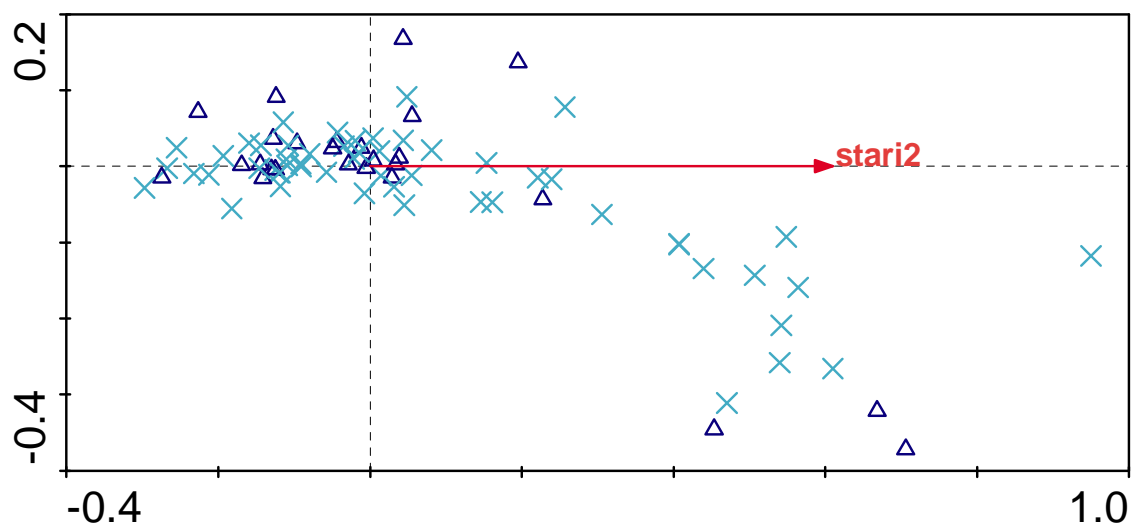
Jaká byla kritéria pro výběr druhů v první části?

- a) Dostatečný výskyt druhů v terénu (což by se mělo korelovat i s častým výskytem ve snímcích).
- b) Druhy, které na lukách produkují semena (tj. pouze semenné rostliny a pouze byliny).
- c) Dostupnost semen a jejich „rozumná“ velikost (dostatečná pro manuální zpracování).
- d) Druhy, které při manipulaci s jejich semeny nepřinášejí žádné právní ani morální problémy (tj. nejsou ani zvláště chráněné, ani invazní).
- e) Dobrá reprezentace gradientu stáří luk a zároveň co největší rozmanitost druhů a životních forem.

První čtyři body jsou vlastně jen technickými požadavky a asi není třeba je více komentovat. Na chvíli se ale zastavíme u čtvrtého bodu. Na tomto místě by asi bylo vhodné, ukázat polohu druhů v analýzách, zkoumajících vztah druhového složení a stáří luk. Protože stáří vnímáme dvěma způsoby – jako lineární gradient a jako kategoriální proměnnou, pocházející z historických map – ukáži zde obě možnosti. Graf 5 odpovídá grafu 3 a jedná se opět o CCA analýzu se stářím vnímaným lineárně a graf 6 odpovídá grafu 4 a stáří je zde vnímáno kategoriálně.

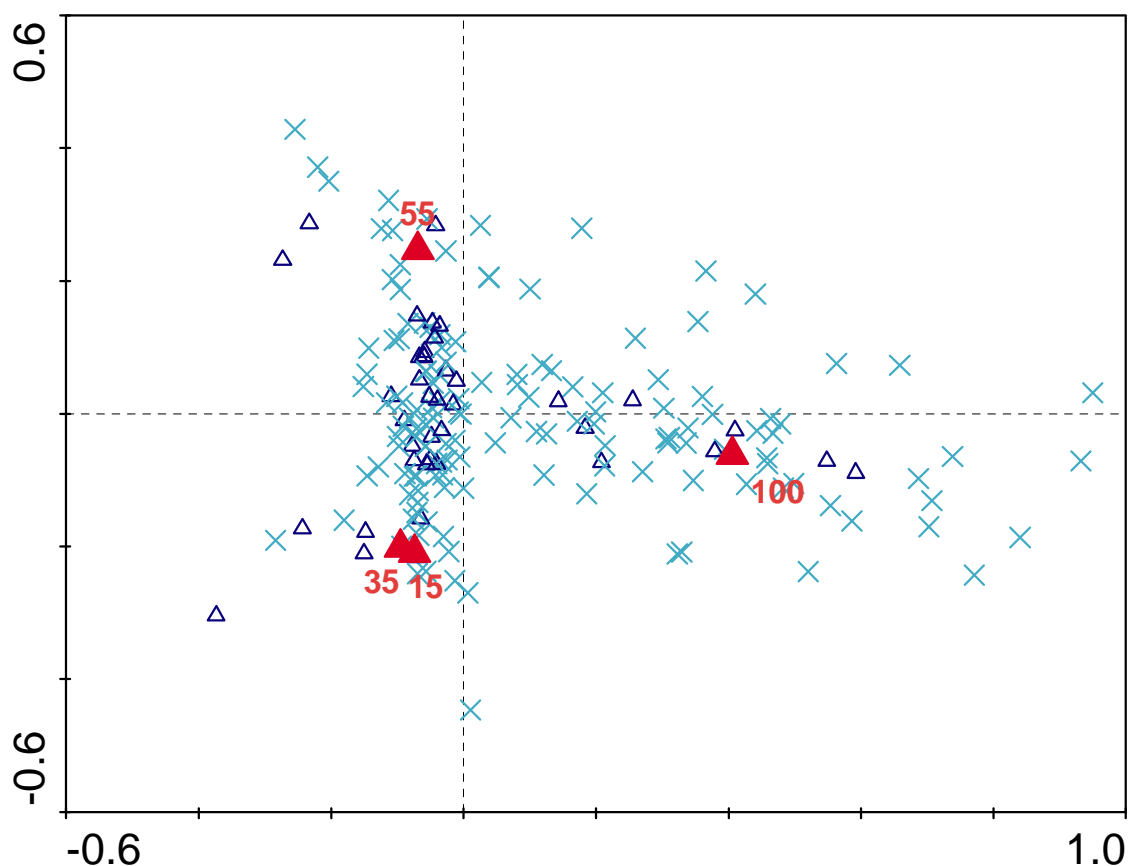
Graf 5: CCA analýza vztahu lineárního stáří a druhového složení – vybrané druhy

Černé trojúhelníčky značí mnou vybrané druhy, modré křížky všechny ostatní druhy (zde zobrazuji jen 81 druhů s vahou pro 2 a více, protože v této analýze se od hlavní osy velmi silně odchylují tři lesní druhy (*Betula pendula* (juv.), *Scyrpus silvatica* a *Phalaris arundinacea*), které tak zvětšují celou zobrazovanou oblast a graf činí nečitelným). Červená šipka je gradient stáří luk.



Graf 6: CCA analýza vztahu kategorií stáří a druhového složení – vybrané druhy

Černé trojúhelníčky značí mnou vybrané druhy, modré křížky všechny ostatní druhy zahrnuté do analýzy. Červené trojúhelníčky jsou kategorie stáří luk.



Zdá se, že při kategoriálním vnímání stáří, jsou vybrané druhy dobře rozprostřeny uvnitř „oblaku“ všech druhů. Jediný druh, který se mírně vymyká většině dat je trojúhelníček vlevo dole, značící heřmánek (*Matricaria discoidea*), který se vyskytuje pouze v nejmladších snímcích a proto je posunut silně ve směru patnáctiletých luk. Na první ose ale zůstává nejvíc vlevo (nejmladší louky), takže by tento fakt neměl působit potíže.

Při vnímání stáří jako lineární proměnné, může působit problémy, že zrovna tři druhy, reprezentující nejstarší druhy, se nejvíce odklánějí od hlavní osy (tento trend lze ale sledovat i u druhů, které do pokusů nebyly zahrnuty, i když je zde méně výrazný). Jedná se zde o druhy *Succisa pratensis*, *Carex panicea* a *Valeriana dioica*. Navíc je zde celkově více vybraných druhů nad hlavní osou a tyto tři druhy jsou výrazně pod osou. Tyto skutečnosti budeme muset mít na paměti při interpretaci dalších analýz.

2. Charakteristiky druhu:

a) Metodika

(1) Vlastní data

Sběr semen a příprava semen

Během vegetační sezony (2008 a 2009) jsem v zájmové oblasti Slavkovského lesa v době dozrávání semen (červenec- září) posbírala květenství/plodenství zájmových druhů (viz příloha 1) (každý rok všechny druhy). Semena každého druhu byla sbírána minimálně na třech lokalitách, přičemž za oddělané lokality byly považovány plochy od sebe vzdálené minimálně 300 metrů. Květenství byla následně 1-3 měsíce uložena v papírových sáčkách při pokojové teplotě a vlhkosti.

Během října jsem semena začala čistit: květenství jsem rozemnula v dlaních a ze směsi vybírala jednotlivá semena. Na semenech zůstaly pouze obaly přirostlé tak, že se nedaly manuálně odstranit.

Klíčivost, semenná banka a váha semen

Pro sledování semenné banky byla použita semena z roku 2008. Pro každý druh jsem napočítala po 4 balíčcích z každé ze tří lokalit po 100 semenech. Každý balíček jsem zvažila na analytických vahách s přesností na 0,0001 g (čímž jsem získala proměnnou „hmotnost semen“). První sada (trojice balíčků, každý z jedné lokality) byla dána klíčit do růstových komor (viz níže – klíčivost semen). Semena zbývajících tří sad byla následně přesypána do nylonových sáčků o rozměrech asi 2x4 cm a do každého byl přidán hliníkový štítek s číslem (cca 1x2 cm). 11.11. 2008 byla semena zakopána v jedné vrstvě do hloubky přibližně 20 cm. Zakopání bylo provedeno opět v zájmové oblasti Slavkovského lesa na třech vlhkostně odlišných lokalitách (blíže popsanych u metodiky výsevu) a to vždy po třech jámách. 20.4. 2009 a 10.4. 2010 byla pak semena z terénu znovu vyzvednuta a přenesena do laboratoře pro ověření klíčivosti. (Třetí sada byla použita jako rezerva, v důsledku ztráty některých zakopaných sad.)

Za účelem ověření metody sledování semenné banky byla zároveň s těmito semeny na každé lokalitě zakopána ještě jedna sada semen: tentokrát pouze dvanácti druhů (viz příloha 1). Tato semena byla též napočítána po sto kusech, ale nebyla vložena do nylonových sáčků, ale přímo na lokalitě do hrsti půdy, která byla obalena sítkou z kovového pletiva (průměr oka

asi 3 cm) a zakopána stejně, jako sáčky. Tato semena byla vyzvednuta společně se semeny v sáčcích též 20.4. 2009.

Klíčivost semen (čerstvých i vykopaných) byla zkoumána v růstových komorách nastavených na střídání den/noc po 12 hodinách a teplotách 20/10°C. Semena klíčila v Petriho miskách v jedné, husté vrstvě na filtračním papíře a byla zalévána destilovanou vodou. Klíčící rostlinky byly pravidelně počítány a odstraňovány. Za klíčící rostlinku jsem považovala i semena s viditelným kořínkem, ale bez zelených částí. Pokud žádné semeno nejevilo déle jak 6 týdnů známky klíčení, byla použita stimulace chladem (teplota 4°C po dobu 1 měsíce) u druhu *Vicia* pak skarifikace a nakonec zalití kyselinou giberelovou (vždy po dalších min 6 týdnech). Skarifikace byla prováděna třením sady semen mezi dvěma smrkovými papíry drsnosti 150.

Pro každý druh jsem sledovala rychlost klíčení a celkovou klíčivost semen a to pro všechny sady semen (čerstvé i vykopané). Každá sada semen klíčila 33 týdnů, než byla prohlášena za zcela vyklíčenou. Celkovou klíčivost semen počítám včetně stimulace chladem (a u rodu *Vicia* skarifikací). Poslední údaj je **počet živých semen**, počítaný jako veškerá semena, která vyklíčila i po zalití kyselinou giberelovou. Viabilní barvení nebylo prováděno, protože většina semen je velmi malých.

Semena, která byla zakopávána v kovových sítkách klíčila v růstové komoře za stejných podmínek, ale celý obsah sítky byl rozložen na skleněné Petriho misky o průměru 15 cm a semenáčky byly počítány jednou za měsíc. Byla u nich prováděna stimulace chladem, ale nikoli zalévání kyselinou giberelovou. Když se za měsíc na misce neobjevil žádný semenáček sledovaného druhu, byla půda na misce převrácena a ponechána další měsíc. Každá sada byla převrácena nejméně dvakrát. Tato semena klíčila přibližně 7 měsíců, což odpovídá 33 týdnům. Byla sledována opět jak rychlost klíčení, tak celkový počet vyklíčených semen.

Terénní výsev

Pro terénní výsev používám semena z roku 2009. Navázila jsem je do směsných balíčků po 0,05g na druh (což odpovídá přibližně sedmi semenům u nejtěžších semen (*Vicia cracca*)) a 9.4. 2010 (v době, kdy ze stinných míst ustupoval poslední sníh) vysela v terénu podle následujícího vzorce:

Byly zvoleny tři lokality (stejně, jako na zakopávání semen pro zkoumání semenné banky) a to tak, aby se co nejvíce lišily – jedna je nedávno opuštěným polem s častým výskytem psárky plavé (*Alopecurus aequalis*), šťovíčku kyselého (*Rumex acetosella*) a pcháče rolního (*Cirsium arvense*). Další je dobře zapojenou loukou z kategorie 55 let starých. Výrazným znakem je

vysoký podíl pampelišky lékařské (*Taraxacum sect. Ruderalia*). Poslední lokalita je kontinuální loukou zarostlou převážně metlicí trsnatou (*Deschampsia cespitosa*) a kuklíkem potočním (*Geum rivale*). Již od pohledu jsou louky také rozdílně vlhké – nejmokřejší je stará louka, nejsušší „pampelišková“.

Na každé lokalitě byl vyznačen obdélník 2x3 metry, který byl následně rozdělen na 4 pruhy a každý pruh rozdělen na šest kontrolních plošek. Ve druhém a čtvrtém pruhu byla pak pomocí ruční motyčky s kovovými hroty odstraněna stařina a drn mírně narušen. První dva pruhy byly osety semeny (vždy jeden balíček na plochu, což odpovídá 7 g dodaných semen na m²). Zbylé dva pruhy byly ponechány jako kontrola. Vzniklo tak na každé lokalitě 4x6 těsně sousedících plošek o velikosti 0,25 m².

Na konci července stejného roku (31.7. 2010) jsem pak na každé plošce spočítala jedince 40 zájmových druhů, jejichž semena jsem na plochu vysévala. (U některých druhů jsem si nebyla jistá, jak rozeznat semenáček a dospělce, proto jsem skutečně počítala všechny jedince na ploše, bez ohledu na jejich věk.) Zaznamenáván byl počet jedinců, u trav počet trsů.

Zahradní výsev

K výsevu do zahrady jsem použila opět semena z roku 2009. Opět jsem navázila balíčky po 0,05 g, tentokrát pro každý druh zvlášť. Vždy po pěti balíčcích na druh (s výjimkou druhu *Viola arvensis*, kde mi semena vystačila jen na tři balíčky). 15.4. 2010 (ve shodě s terénním výsevem) jsem je pak vysela do květináčů v Průhonické pokusné zahradě (jeden balíček – jeden květináč). Květináče byly o průměru 25 cm a naplněny směsí zahradního substrátu a křemitého písku zhruba v poměru 2:1. Na záhonech byly uspořádány do pěti sad, ve které byl vždy každý druh jednou.

Semena byla po výsevu zalita a po zbytek sezony zavlažována automatickými rozprašovači umístěnými v pokusné zahradě. Dvakrát během sezony (5.6. a 29.7.) byly záhony vyplety za účelem omezení mezidruhové konkurence a zároveň spočítány živé semenáčky zájmových druhů (ty byly ponechány). Na konci sezony (10.10.) pak byly rostliny sklizeny včetně podzemních částí: květináče byly rozebrány a kořeny promyty tekoucí vodou. U trav s mimořádně vysokým prokořeněním květináčů, byly kořenové baly rozplavovány po dobu 12-24 hodin ve stojaté vodě a teprve potom promývány tekoucí vodou.

Následně byly rostliny sušeny za pokojové teploty po dobu nejméně jednoho měsíce a pak opět za pokojové teploty a vlhkosti zváženy na vahách s přesností 0,01 g. Nadzemní a podzemní část zvlášť byla vážena zvlášť, čímž jsem získala údaje o vyprodukované biomase.

Nebyly váženy jednotlivé rostliny, ale vždy produkce jednoho květináče, protože u mnoha trsovitých rostlin bylo nemožné jednotlivé rostliny oddělit bez většího poškození.

Produkce semen

Během sezon 2009 a 2010 jsem v terénu vyhledala porosty jednotlivých zájmových druhů (viz příloha 1) v době plného květu a spočítala na čtverci 0,5 x 0,5 m počet květů/květenství (včetně odkvetlých a poupát). Pokoušela jsem se najít vždy co nejhustší porost s co nejvíce květy. Pro každý druh 10 ploch, které se nesměly překrývat, ale nekladla jsem žádnou podmínku na vzdálenost ploch, takže některé leží těsně u sebe. Pro každý druh mám ale údaje z více lokalit (nejméně tří) (za lokalitu opět považuji populace vzdálené alespoň 300 m). Zároveň jsem sebrala na každé lokalitě vzorek květů/květenství a dodatečně spočítala počet semen v nich (vždy 20 ks na druh; u jetelů, kde byl příliš velký rozdíl mezi lokalitami, 40 ks). Tato čísla jsem pak vynásobila, čímž získávám počet semen, které je populace rostlin teoreticky schopna vyprodukovat na určité ploše.

Doba dozrávání semen

U každého sběru semen mám zaznamenané i datum (v sezoně 2008 i 2009). Ty pak sdružuji do tří kategorií: časné druhy odkvítající před první sečí (tj. do konce června), letní druhy odkvítající mezi sečemi (do poloviny srpna) a pozdní druhy odkvítající po druhé seči (po polovině srpna). V případě, že nespádají všechny sběry do jedné kategorie, používám tu, kde jsem sebrala semen nejvíce.

Trsovitost

Na základě terénního pozorování rozděluji druhy do následujících kategorií:

T = druh tvoří kompaktní trsy (Tj. takové, které neprorůstají jinými druhy a jsou na šířku menší, než je výška druhu.)

K = druh tvoří koberce (Tj. porosty, kde má pokryvnost přes 90% a zároveň je takovýto porost větší, než je výška druhu.)

V = vytváří volné porosty (Druh má na některých místech pokryvnost přes 75%, ale vždy jím prorůstají další druhy. Vnitrodruhová kompetice je ale patrně silnější než mezidruhová. Hranice porostu se často těžce hledají.)

J = roste jednotlivě (Druh nikde nevytváří výrazné porosty a zároveň nevytváří kompaktní trsy.)

Zařazení některých druhů do kategorie V či J může být místy subjektivní nebo vázané na stanovištní podmínky. Zařazení do kategorie J v podstatě vypovídá o tom, že na žádném místě nebyla pozorována dominance druhu.

(2) Údaje z databází

V této části zpracovávám údaje z databází. Pracuji s co největším počtem druhů.

Data pro tuto část práce byla získána z databází Leda (délka života, rok prvního kvetení, monokarpie, počet semen na rametu, váha semen, semenná banka, vzdálenost doletu semen, výška porostu, charakter stonku, rozložení listů na stonku) (Kleyer et al. 2008) a Clopla (přítomnost klonálního rozmnožování, počet klonálních potomků za rok, nejvzdálenější klonální potomek) (Klimešová a Klimeš 2011). Dále testuji Ellenbergovy indikační hodnoty, které jsem získala z přílohy programu Juice (Web – Juice). Testuji i příslušnost k čeledím, začátek, konec a celkovou dobu kvetení a výšku rostliny v květu, určenou podle Klíče ke květeně ČR (Kubát 2010). Zde je popis jednotlivých proměnných (podrobné popisy a metodiky získávání dat je možno získat v manuálech k databázím (Knevel 2005, Klimešová a Klimeš 2011) .

Délka života

Je definována jako doba, po kterou existuje rostlinný jedinec. V případě klonálních rostlin je počítán věk jedné ramety. Je uváděn v následujících kategoriích (v závorce uvádím vždy číselnou hodnotu, kterou zaznamenávám pro další analýzy):

Jednoletky (1):

Letní jednoletky (0,5)

Přezimující jednoletky (1,5)

Striktně monokarpní dvouletky a víceletky (2)

Trvalky (35):

Krátkověké (5)

Středněvěké (25)

Dlouhověké (50)

Jsou-li uvedeny jemnější jednotky, používám ve svých datech ty. Nejsou-li, používám větší kategorii. V případě více záznamů vybírám zápis, uvádějící nejdelší délku života, pokud tento zápis odpovídá alespoň 10% pozorování.

Rok prvního kvetení

Je definován jako nejmladší věk, ve kterém je rostlina schopna kvést.

Je zaznamenáván v následujících kategoriích (v závorce uvádím vždy číselnou hodnotu, kterou zaznamenávám pro další analýzy):

V prvním roce (1)

Mezi prvním a pátým rokem (3)

Později jak v pátém roce života (7)

Monokarpie

Jako monokarpní (kvetoucí jen jednou za život) uvádím všechny jednoleté rostliny a dále všechny, které mají v charakteristice „délka života“ uvedeno, že se jedná o monokarpní druh. U všech ostatních počítám s polykarpií.

Začátek, konec a celková délka kvetení

Ve shodě s klíčem uvádím pouze měsíc. Celkovou délkou kvetení pak myslím rozdíl měsíce ve kterém kvetení končí a ve kterém začíná.

Počet semen na rametu

Rametou je zde jednotlivá, samostatně zakořeněná rostlina bez ohledu na to, zda je nějakým způsobem (nadzemní či podzemní šlahouny) spojena s další rametou či nikoli. U výrazně kompaktních trsů (trav) je trs považován za rametu.

V případě několik záznamů, uvádím jejich prostý, aritmetický průměr.

Ač databáze nabízí i údaj o počtu semen na metr čtvereční, který jsem sbírala u svých dat, zde ho nepoužívám, protože je dostupný jen u velmi málo druhů.

Váha semen

Je váha v gramech 100 živých semen sušených při laboratorní vlhkosti. Semena jsou sbírána alespoň z pěti, v ideálním případě z deseti různých rostlin. Přívěsky semen nejsou odstraňovány.

Opět v případě několik záznamů, používám jejich prostý, aritmetický průměr.

Semenná banka

Je doba (v letech), kterou je semeno schopno přežít v půdě a zůstat klíčivé. Existují dva způsoby zkoumání: zakopávání a následné klíčení živých semen (které blíže popisují ve vlastních experimentech) a klíčení z půdních vzorků, porovnávaných s vegetačními snímky. Databáze uvádí data z obou způsobů a rozlišuje schopnost semen přežít v následujících kategoriích (v závorce uvádím vždy číselnou hodnotu, kterou zaznamenávám pro další analýzy):

Přechodná semenná banka (1) (semena nepřežijí do další sezony)

Krátkodobá (3) (semena přežijí do další sezony, ale ne déle, jak 5 let)

Dlouhodobá (7) (semena přežijí déle, jak pět let)

V případě neshodujících se záznamů, používám záznam o nejdelším přežití, pokud zahrnuje alespoň 10% pozorování.

Thompson (Thompson et al. 1998) doporučuje počítat tendenci k tvorbě semenné banky podle databáze Leda jako součet počtu záznamů o dlouhodobé i krátkodobé semenné bance lomený celkovým počtem záznamů bez záznamu „present“, který nemá jasnou výpovědní hodnotu (znamená přítomnost druhu ve vzorku půdy, kde nemáme fytoecologické snímky lokality). Tento údaj v podstatě odhaduje podíl semen, který přežívá v půdě do dalšího roku. Jedná se tedy o docela odlišnou charakteristiku od předchozí, proto používám obě.

Vzdálenost doletu semen

Zde používám seznam mechanismů šíření semen získaný z databáze Leda a číselně ho převádím podle tabulky 3 (převzatá podle článku Vittozl a Engler, 2007). V případě, že bylo u druhu pozorováno více způsobů šíření, používám aritmetický průměr výsledných čísel.

Tab 3: vzdálenost doletu semen (převzatá podle článku Vittozl a Engler, 2007)

První sloupec uvádí vzdálenost, kterou nepřekoná více jak 50% semen (a kterou započítávám do svých dat).

Vzdálenost v m	Způsob a charakteristika šíření
0,1	Blastochorie (autochorie) (nesení semen stonkem „od kořenů“) Boleochorie (anemochorie) pro druhy do 30cm (vytřásání z plodů) Ombrochorie (hydrochorie) (vystřelování semen dopadem dešťových kapek)
1	Ballochorie (autochorie) (vystřelení semen puknutím plodu) Chamaeochorie (anemochorie) (hnaní větrem po povrchu půdy) Boleochorie (anemochorie) pro druhy větší než 30 cm

	Všechny nespecifikované způsoby autochorie
2	Pterometeorochorie (anemochorie) (let pomocí křídel) Myrmecochorie (zoochorie) (roznášení mravenci) Epizoochorie (zoochorie) (přenos na povrchu těla) pro malé savce
40	Trichometeorochorie (anemochorie) (nesení chmýřem) Cystometeorochorie (anemochorie) (let drobných semen) u kapradí, Orchidaceae, Pyrolaceae, Orobanchaceae Hydrochorie (nesení vodou) Všechny způsoby blíže nepopsané anemochorie a meteorolochorie
400	Endozoochorie (zoochorie) (přenos v trávicím systému) u semen konzumovaných ptáky a velkými obratlovci Epizoochorie (zoochorie) (přenos na povrchu těla) pro velká zvířata Blíže nepopsaná zoochorie
500	Agochorie (anthropochorie) (přenos na zemědělských strojích) A všechny druhy blíže nepopsané druhy anthropochorie

Výška vegetativních orgánů rostliny

Je definována jako výška nejvyšší fotosyntetizující jednotky nad patou rostliny (povrchem půdy). Pro zapsání do databáze musí být změřeno nejméně 25 dospělých, zdravých jedinců na světelně optimálním stanovišti. U popínavých rostlin a lián je měřena výška nad zemí včetně podpěry. U rosetových rostlin (s přízemní růžicí listů) je měřena přízemní růžice. Výška je uváděna v metrech.

Ve svých datech používám prostý aritmetický průměr ze všech zaznamenaných výšek (nebyl vážený počtem pozorování).

Výška rostliny v květu

Je uváděna v metrech a započítávám průměr z rozsahu uvedeného v klíči.

Charakter stonku

Je definován v následujících kategoriích: vzpřímený, vystoupavý, poléhavý, podzemní, liána.

V případě neshodujících se záznamů používám nejčastější záznam. V případě rovnosti počtu se přikláním k variantě, která je nejčastější u příbuzných druhů.

Uspořádání listů na stonku

Charakteristika je definována jako uspořádání listů na dospělé rostlině. Dělí se do následujících kategorií:

Rosetové rostliny (s přízemní růžicí listů)

Polorozetové (listy tvoří přízemní růžici, ale je olistěný i stonek)

Rovnoměrné rozložení (listy jsou po celém stonku)

(Bezlisté rostliny a rostliny s listy nahloučenými v horní části stonku se ve snímcích nevyskytují.)

V případě, že se záznamy u jednoho druhu neshodují, беру nejčastější záznam. V případě rovnosti počtů záznamů vybírám možnost „polorozeta“, pokud se vyskytují všechny tři kategorie. V ostatních případech vybírám typ, který mají nejbližší příbuzné druhy.

Přítomnost klonálního rozmnožování

Uvádí pouze, zda bylo u druhu klonální rozmnožování někdy pozorováno. Ve snímcích se nevyskytuje žádný druh, který by nebyl schopný rozmnožování semeny.

Počet klonálních potomků za rok

V databázi jsou počty potomků rozděleny podle původu a uváděny v kategoriích (v závorce uvádím vždy číselnou hodnotu, kterou zaznamenávám pro další analýzy): <1 (0,5); 1 (1); 2-10 (6); >10 (15) potomků za rok.

V případě, že druh využívá více způsobů klonálního rozmnožování, počty potomků na jednu rostlinu sčítám.

Nejvzdálenější klonální potomek.

Zde jsou následující kategorie (v závorce uvádím vždy číselnou hodnotu, kterou zaznamenávám pro další analýzy): <0,1 m (0,01); 0,1 – 0,25 m (0,2); > 0,25 m (0,5); schopné disperze (1).

Uvádím vždy nejvyšší údaj, který byl u druhu pozorován.

Ellenbergovy indikační hodnoty

Ellenbergovy indikační hodnoty jsou ve střední Evropě asi nejpoužívanějším vyjádřením vazby druhu na určitý faktor prostředí. Poprvé byly prezentovány společně autory Ellenberg H., Weber H.E., Düll r., Wirth V., Werner W. et Paulissen D. v článku Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. roku 1998 v 2nd ed. Scr. Geobotanica 18: 1-258. Jsou určeny terénní zkušeností autorů a zahrnují následující proměnné: (N) zásobení stanoviště dusíkem,

(L) závislost na světle, (T) závislost na teplotě, (K) kontinentalitu druhu, (F) závislost na vlhkosti, (R) půdní reakci. Stupnice pro každou proměnnou je 1-9 (s výjimkou vlhkosti, kde je 1-12), kde 1 značí nejnižší míru daného faktoru, 9 nejvyšší (Web – indikátory).

Nejčastěji zmiňovanými limitacemi těchto hodnot je jejich empirický původ. Navíc odrážejí ekologické chování druhu – nikoli jeho fyziologické optimum – a tudíž jednotlivé hodnoty směřují více reálných proměnných prostředí (dostupnost dusíku v půdě je závislá nejen na jeho obsahu, ale i na pH, vlhkosti, aeraci půdy apod.) (Web – indikátory). Dále je doporučováno srovnávat Ellenbergovy hodnoty pouze u snímků ze stejné fytoecologické kategorie (svazu), protože v různých fytoecologických kategoriích je korelace se skutečnými podmínkami různě přesná (Wamelink et al. 2002).

Posledním (spíše technickým) problémem je fakt, že mnoho druhů nemá jasnou vazbu k některým faktorům, tudíž se nedají indikační hodnoty určit a vzniká mnoho mezer, jak bude vidět později ve výsledcích.

Ellenbergovy indikační hodnoty získávám z přílohy k programu Juice (Web – Juice).

b) Statistické zpracování dat

(I) Vlastní data

Hmotnost semen

Jako definitivní hodnotu používám aritmetický průměr z dvanácti pozorování (napočítaných balíčků).

Klíčivost semen (čerstvých i v semenných bankách)

Tento údaj je součet všech semen vyklíčených v růstových komorách po stimulaci chladem, bez aplikace kyseliny giberelové. Pro každý rok mám u každého druhu tři opakování a počítám tedy aritmetický průměr těchto hodnot.

Rychlost klíčení (čerstvých semen i semen ze semenné banky)

Udává (v každém roce) počet semen vyklíčených během prvních třech týdnů od založení pokusu, dělený počtem všech semen vyklíčených v souboru do doby zalití kyselinou giberelovou. Pro každý rok mám u každého druhu tři opakování a počítám tedy aritmetický průměr těchto hodnot. Nevyklíčila-li u druhu žádná semena, počítám rychlost klíčení 0.

Počet živých semen (čerstvých i ze semenné banky)

Uvádím celkový počet vyklíčených semen v souboru, včetně těch, která začala klíčit až po zalití kyselinou gibberelovou. Opět se jedná o aritmetický průměr tří pozorování.

Semenná banka – ověřování metody

Pro ověřování metody výzkumu semenné banky jsem použila počty semen vyklíčených ze sáčků a z kovových sítěk. U semen v kovových sítkách se mi podařilo vyzvednout pouze dvě lokality (chybí nejsušší lokalita na „pampeliškové louce“), zatímco semena ze sáčků mám ze všech tří lokalit. Proto byla pro toto metodické srovnávání poslední lokalita vyloučena z analýz. Pro účely analýzy používám celkový počet semen vyklíčených z půdy po prvním roce a celkový počet semen vyklíčených ze sáčků před zalitím kyselinou gibberelovou.

Data nemají normální rozložení, ale i pro Poissonovo rozdělení jsou Cookovy distance příliš velké u značné části druhů. Proto veškerá data nejprve odmocňuji a teprve pak používám Poissonovo rozložení (po odmocnění nepřesahuje žádná z Cookových distancí 0.5).

Semenná banka

Jako index přežívání semen v půdě používám následující podíl: počet živých semen příslušném roce lomeno počet živých semen v nultém roce (tj. čerstvých semen, která nebyla zakopávána).

Podobně testuji i pokles rychlosti klíčení semen (podíl rychlosti klíčení v příslušném roce a nultém roce).

U žádného druhu se nestalo, že by v nultém roce nevyklíčil a v pozdějším ano. Druhy, které neklíčily vůbec, z analýzy vyřazuji.

Klíčivost semen a přežívání semenáčků v porostu

Tento index počítám zvlášť pro narušené a nenarušené výsevové plochy, vytvářím tedy dva indexy. Vždy se jedná o rozdíl celkového počtu jedinců nalezených na osetých plochách (součet přes všechny tři lokality, tj. 18 ploch) a na neosetých plochách (výsev – kontrola) dělený počtem semen dodaných na jednu plochu.

Reakce druhu na narušení porostu

Tento index počítám zvlášť pro dosívané a nedosívané plochy, vytvářím tedy dva indexy. Vždy se jedná o rozdíl celkového počtu jedinců nalezených na nenarušených plochách (součet

přes všechny tři lokality, tj. 18 ploch) a na narušených plochách dělený počtem semen dodaných na jednu plochu.

Klíčení a přežívání semenáčků v půdě bez mezidruhové kompetice

Zde počítám maximální počet semenáčků nalezených v jednotlivém květináči v zahradním výsevu. Tento údaj sčítám pro semenáčky stejného druhu a dělím počtem květináčů a počtem semen dodaných do jednoho květináče.

Produkce biomasy za rok

Započítávám jak produkci nadzemní biomasy, tak podzemní, tak součet obou a poměr obou (nadzemní/podzemní biomasa) vždy pro celý druh. Používám tři typy údajů: poprvé prostý součet dělený počtem květináčů, podruhé součet dělím počtem nalezených jedinců a po třetí počtem vysetých semen.

(2) Údaje z databáze

Z dalších analýz jsou vyloučeny všechny dřeviny, protože na lukách nedosahují dospělosti a většina charakteristik se týká rozmnožování.

Každou charakteristiku testuji nejprve samostatně, a pokouším se pomocí ní vysvětlit rozložení druhů na obou gradientech stárí. Druhy, pro které mi charakteristika chybí z analýzy vylučuji.

Na závěr testuji korelaci jednotlivých charakteristik a hledám nejlepší model postupným zpětným výběrem. Z těchto analýz vyřazuji navíc přesličky, protože mnoho charakteristik se týká kvetení a plodů a pro tyto druhy tudíž nedávají smysl.

c) Výsledky:

(I) Robustnost dat:

Než začnu zkoumat vztah jednotlivých proměnných ke stáří luk, chtěla bych ověřit jak věrohodně získané jsou některé z nich.

První z nich je semenná banka, u které se běžně používají dva způsoby zkoumání: zakopávání semen v sáčkích do země (použité i mnou) a klíčení půdních vzorků porovnávaných s druhovým složením (na které nemám časovou řadu snímků). Existuje zde ale důvodná pochybnost, zda schopnost semen přežít v zakopaném sáčku a následně vyklíčit v laboratoři odpovídá skutečné schopnosti semen přežít a vyklíčit v terénu. Pokouším se tedy provést ověření této metodiky jiným způsobem zakopávání semen.

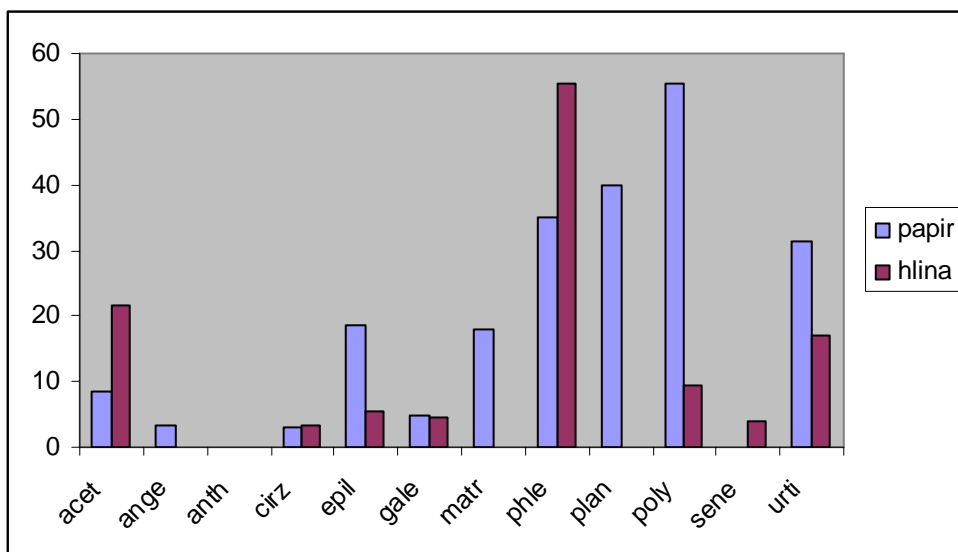
Druhou ověřovanou proměnnou je terénní výsev, kde byly počty jedinců nalezených na osetých a neosetých plochách dost podobné (údaje používám k získání indexů). Zajímá mě tedy, zda alespoň některé druhy průkazně reagují na dosev či narušení drnu. Každou z těchto charakteristik jsem zkoumala zvlášť bez souvislosti se stářím luk.

Semenná banka

Na základě zobecněné lineární analýzy s Poissonovským rozdělením dat zjišťujeme, že způsob, jakým byla semena zakopávána a klíčena, má vliv za obvyklou hranicí průkaznosti ($p = 0,0973$). Přesto testuji vliv ještě pro každý druh zvlášť, protože jak je zřejmé z grafu 7, existují v odpovědi velké mezidruhové rozdíly. Jediný druh, pro který se vliv způsobu zakopávání semen blížil průkaznosti je rdesno pepřík (*Polygonum hydropiper*). Zde je $p = 0,0555$. Jedná se o druh, který po vykopání z nylonových sáčků klíčil mimořádně rychle a dobře, jeho klíčivost ale značně klesla při použití kovové sítě. Ze zahradního výsevu víme, že tento druh vzešel špatně i v něm, proto můžeme mít podezření, že jeho semenáčky velmi špatně prorůstají buď i tenounkou vrstvou půdy, nebo semena nejsou schopna ve tmě klíčit vůbec (semena zakopávaná v kovových sítkách klíčila v asi 1 cm tlusté vrstvě půdy, která byla během doby klíčení několikrát převrácena, přesto není možné ručit za to, že se všechna semena dostala zcela na povrch).

Graf 7: rozdíly v klíčivosti druhů zakopaných v nylonovém sáčku a v kovové síťce

Na x-ové ose jsou jednotlivé druhy, na y-ové ose pak průměrná procentuální klíčivost semen. Modré sloupce značí průměrné hodnoty pro klíčení semen ze sáčků, fialové pro klíčení z kovových mřížek.



Terénní výsev

Ze 39 vyšetřovaných druhů se ve výsevu objevilo jen 21 a počty rostlin na osetých a kontrolních plochách nebyly na první pohled příliš odlišné. Účelem pokusu ale bylo získat indexy popisované v metodice a využité pro hledání vztahu ke stáří luk. Přesto jsem se rozhodla na výsevový pokus podívat podrobněji.

Nejčastějšími byly *Alopecurus pratensis*, *Ranunculus repens* a *Taraxacum sec. ruderalia*, které dosáhli přibližně stovky jedinců. Nejméně jedinců sledovaných druhů bylo podle očekávání v nenarušené kontrole (157 rostlin), další v pořadí (190) byla kontrola, kde byl drn narušen, nepatrně více jedinců bylo pak v nenarušeném výsevu (202) a nejvíce (213) jedinců sledovaných druhů na plochách, které byly nejprve narušeny a následně osety.

Pomocí zobecněných lineárních analýz pro data s Poissonovským rozdělením (v programu R) jsem testovala rozdílnost počtu kusů nalezených jedinců mezi čtyřmi typy ploch a zvlášť pouze mezi skupinami výsev x kontrola a narušené x zapojený porost. Testujeme-li rozdíly v početnosti jednotlivých druhů při každém ošetření zvlášť, liší se od kontroly průkazně jak pouze oseté plochy (p-value = 0,01785), tak plochy doseté a narušené zároveň (p-value = 0,00373), rozdíl od narušené kontroly je na hranici průkaznosti (p-value = 0,07691). Samotný dosev má signifikantní vliv (p-value = 0,0139), samostatný vliv narušení se prokázat nepodařilo (p-value = 0,111). Vliv interakce se prokázat nepodařilo (p-value = 0,3450).

Nakonec provádím stejnou analýzu (zobecněnou lineární pro Poissonovské rozdělení dat) pro každý druh zvlášť. Výsledek shrnuje tabulka 4.

Tabulka 4: reakce druhu na dosev semen a narušení porostu

Zobrazuji p-value pro porovnání uvedeného způsobu ošetření proti kontrole. Číselně uvádím pouze hodnoty pod 0,1, v ostatních případech píšu n.

druh	naruš.výsev	výsev	narus.kontrola
Aegopodium podagraria	n	n	n
Alopecurus pratensis	n	n	n
Carex vesicaria	n	n	n
Cirsium arvense	0,0344	0,0446	n
Deschampsia cespitosa	n	0,0994	n
Epilobium angustifolium	n	n	n
Galeopsis tetrahit	n	n	n
Galium album	n	n	n
Geum rivuale	n	n	n
Leontodon autumnalis	n	n	n
Phleum pratense	n	n	n
Ranunculus repens	n	n	n
Rumex acetosa	n	n	n
Rumex acetosella	n	n	n
Rumex crispus	n	n	n
Succisa pratensis	n	n	0,0972
Taraxacum sec. Ruderalia	0,0168	0,0006	n
Trifolium repens	n	n	n
Urtica dioica	n	0,0138	n
Vicia cracca	0,0155	n	n
Viola arvensis	n	n	n

Souhrn

U vyšetřování údajů o semenné bance se tedy zdá, že způsob zakopávání semen nemá příliš velký vliv na jejich výslednou klíčivost a můžeme tedy data vztahující se k semenné bance považovat za odpovídající realitě.

Co se terénního výsevu týče, je z tabulky jasné, že ač se celkově vliv dosevu prokázal, reaguje na něj významněji pouze několik málo druhů. To musíme mít na paměti při interpretaci výsledků.

(2) Vztah charakteristik a stáří luk

(a) Rozložení dat závislé proměnné

Ve všech analýzách níže uvádím jako závislou proměnnou polohu druhu na ose stáří (zvlášť při lineárním a kategoriálním vnímání stáří luk). Problém ale je, že ani jedna z těchto

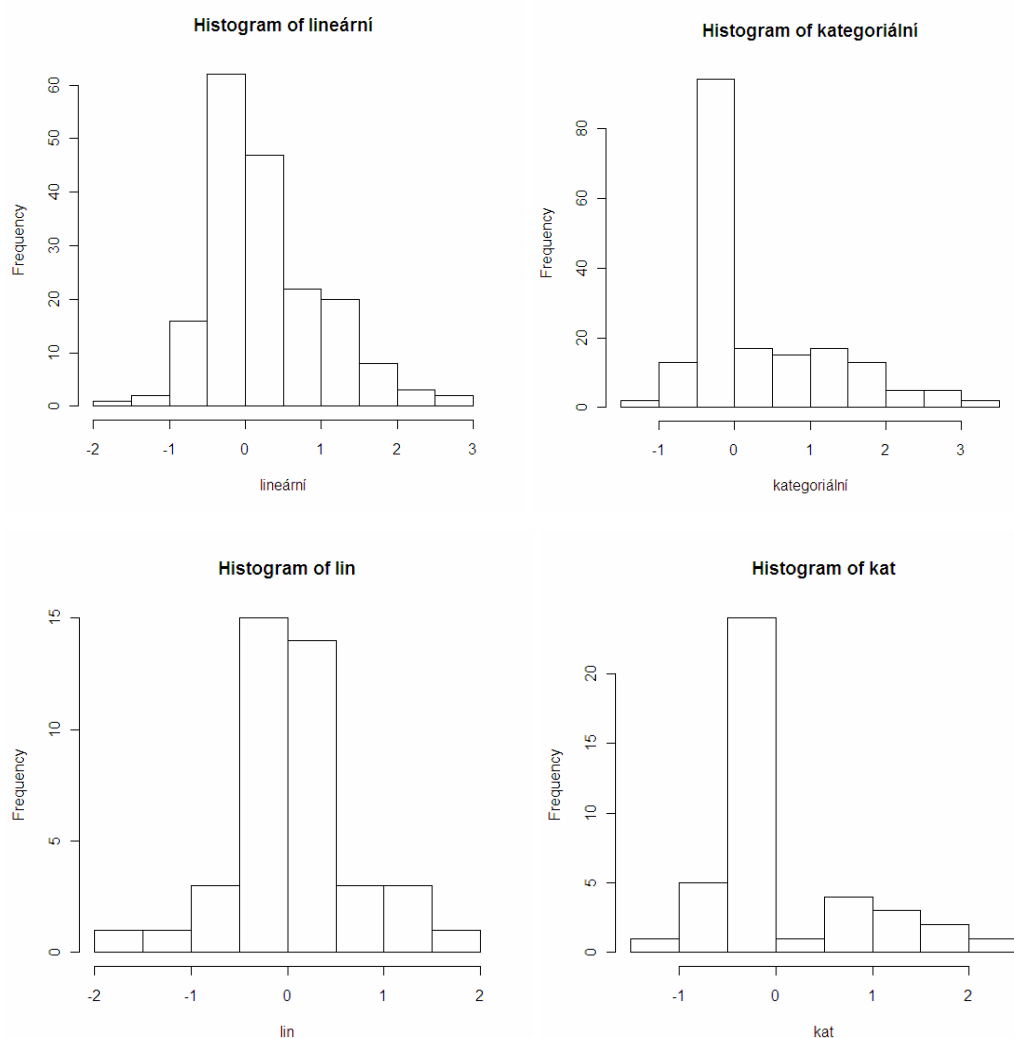
proměnných nemá normální rozložení a nepodařilo se nalézt vhodnou transformaci. Zešikmení dat tedy muselo být zanedbáno. Jejich rozložení ilustruje graf 8.

Všude používám klasický lineární model, pouze u kategoriálních proměnných analýzu variance.

Graf 8: Rozložení dat o stáří louky, které druh preferuje

Histogramy ukazují četnost jednotlivých hodnot, kterých nabývají druhy na první ordinační ose CCA analýzy vztahu stáří luk a druhového složení snímků. Vlevo pro kategoriální vnímání stáří, vpravo pro lineární vnímání stáří.

Horní dvojice je pro všech 171 druhů, dolní pouze pro 42 vybraných.



(b) Vlastní data

Hmotnost semen

Do této analýzy zařazuji 42 druhů. Nepodařilo se ale prokázat žádný vztah mezi hmotností semen a tím, jaké louky druhy osídlují. (Při lineárním vnímání F-statistic: 1,018, p-value: 0,319, při kategoriálním vnímání stáří F-statistic: 0,0054, p-value: 0,9418 obojí při 1 a 41 stupních volnosti.)

Klíčivost semen

Do analýzy zařazuji 40 druhů.

Klíčivost čerstvých semen nemá signifikantní vazbu na to, jak staré louky druhy osídlují. (Při lineárním vnímání stáří F-statistic: 1,252, p-value: 0,2701, při kategoriálním vnímání stáří F-statistic: 1,125, p-value: 0,2953 obojí při 1 a 39 stupních volnosti.)

V prvním a druhém roce se ale při lineárním vnímání zůstává celková klíčivost semen nesignifikantní (v prvním roce F-statistic: 1,715, p-value: 0,1980; ve druhém F-statistic: 1,358, p-value: 0,2510) při kategoriálním vnímání stáří louky se ale dostává na hranici signifikance (v prvním roce F-statistic: 3,573, p-value: 0,06617, ve druhém F-statistic: 2,937, p-value: 0,09451) V prvním roce tato proměnná vysvětluje 6,044 % celkové variability (váženo počtem proměnných) a v druhém roce 4,619 %. V případě lineárního vnímání stáří počet klíčivých semen roste se stářím luk, při kategoriálním vnímání se stářím luk klesá.

Tento údaj má souvislost se semennou bankou a bude podrobněji rozveden u ní.

Rychlost klíčení

Rychlost klíčení v žádném roce nejeví signifikantní vazbu na to, jak staré louky druhy osídlují, proto nepovažuji za užitečné zde vypisovat výsledky analýz.

V případě rychlosti klíčení zakopávaných semen mě zaujal fakt, že semena po jednom roce v zemi u všech druhů, u kterých zůstala živá, klíčila rychleji, než čerstvá semena. V druhém roce je efekt stále zřetelný, i když již neplatí u všech druhů. Tento efekt si vysvětluji tím, že semena v prvním roce přichází z výrazně suchého prostředí a potřebují nějakou dobu, aby nasákla dostatečné množství vody, které semena z půdy již mají.

Počet živých semen

Po zalití kyselinou gibberelovou vyklíčilo již jen minimální počet dalších semen. Proto jsem nejprve testovala shodu těchto dvou souborů pomocí lineární analýzy. Ve všech třech letech počet semen vyklíčených před zalitím kyselinou gibberelovou vysvětlil více jak 99% variability v celkových počtech živých semen. Žádný vztah ke stáří luk nebyl průkazný ani zde, nepovažuji tedy za užitečné je zde opakovat.

Semenná banka

U několika druhů došlo k nárůstu počtu klíčivých semen mezi nultým a prvním rokem (jmenovitě *Angelica sylvestris*, *Carex vesicaria*, *Galeopsis tetrahit*, *Holcus lanatus* a *Luzula campestris*), druhy *Pimpinella major*, *Senecio ovatus* a *Taraxacum sect. ruderalia* naopak klíčivost zcela ztratily.

Změna klíčivosti semen ani změna počtu živých semen ale nejeví žádný průkazný vztah k tomu, jak staré louky druhy osidlují. To je ve shodě s předchozím testováním klíčivosti semen v různých letech, proto číselné výsledky neuvádím.

Klíčivost semen a přežívání semenáčků v porostu

Do analýz bylo použito 21 druhů nalezených ve výsevových plochách.

Nepodařilo se prokázat žádný vztah mezi přežíváním semenáčků a preferencí druhů ke stáří luk. P hodnota byla vždy vyšší než 0,5 a v případě přepočítání na počet dodaných semen dokonce vždy vyšší než 0,8.

Reakce druhu na narušení porostu

Do analýz bylo použito 21 druhů nalezených ve výsevových plochách.

Nepodařilo se prokázat žádný vztah mezi reakcí druhů na narušení lokality a preferencí druhů ke stáří luk. P hodnota byla vždy vyšší než 0,6 a v případě přepočítání na počet dodaných semen dokonce vždy vyšší než 0,9.

Klíčení a přežívání semenáčků bez mezidruhové kompetice

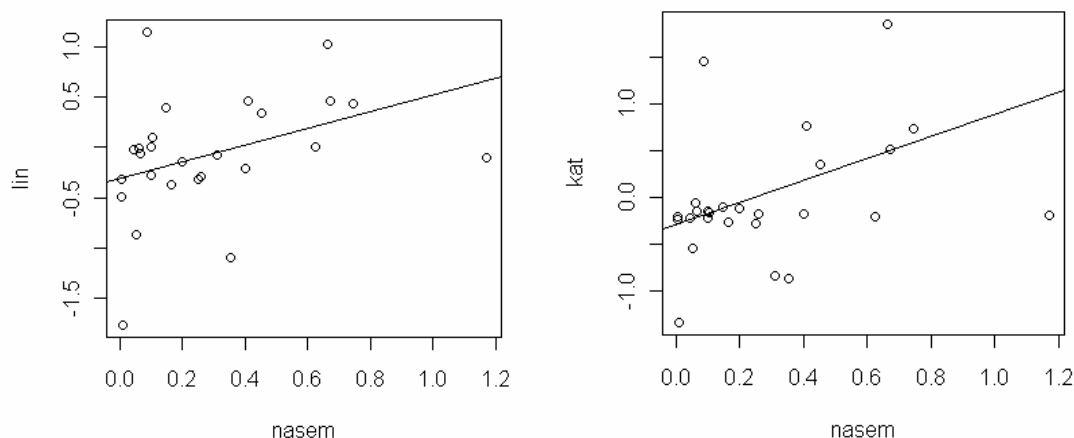
Do lineární analýzy zařazují 37 druhů.

Vztah mezi schopností druhů vyrůst v půdě a tím, na jak starých loukách druhy rostou není jasně průkazný, ale u kategoriálního vnímání stáří se průkaznosti blíží (u lineárního vnímání času F-statistic: 2,507, p-value: 0,1256 a F-statistic: 4,146, p-value: 0,05291 pro kategoriální vnímání. Obojí při 1 a 36 stupních volnosti.)

Vydělím-li počet vyrostlých semenáčků počtem vysetých semen, dostane se vztah k hranici průkaznosti (pro lineární stáří F-statistic: 3,136, p-value: 0,0893, pro kategoriální stáří F-statistic: 3,021, p-value: 0,0950). Analýzy vysvětlují 7,9 a 7,5 % celkové variability vážené počtem proměnných. Vztah ukazuje graf 9, ze kterého vyplývá, že více semenáčků bylo nalezeno u druhů ze starších luk.

Graf 9: Vztah přežívání semenáčků bez mezidruhové kompetice a preferovaného stáří luk

Na ose x je počet semenáčků, nalezených v zahradním výsevu (každý druh do svého květináče) dělený počtem dodaných semen. Na ose y je poloha druhu na první ordinační ose CCA analýzy vztahu stáří luk a druhového složení (vlevo lineárně vnímané stáří, vpravo kategoriálně) (vyšší čísla značí vyšší stáří).



Produkce biomasy za rok

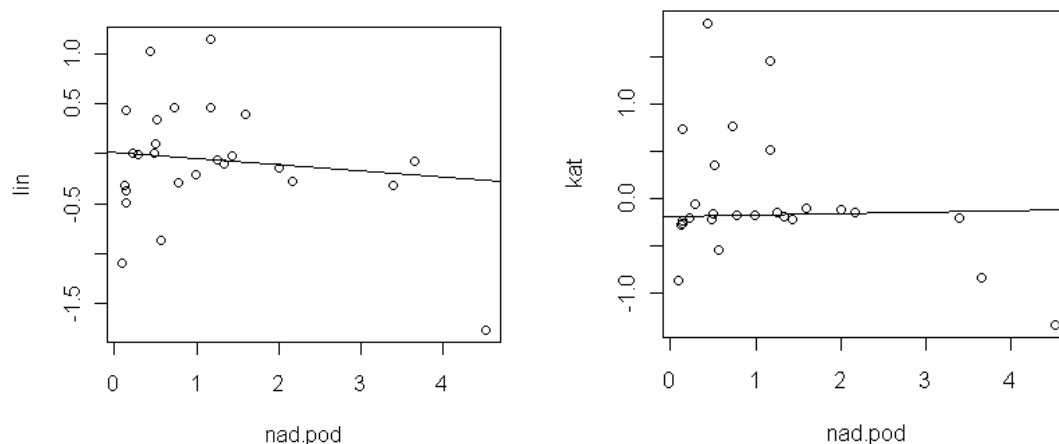
Do této analýzy zařazuji pouze 25 druhů, které v zahradním pokusu vyrostly.

Jediný výsledek, který se blíží signifikanci, je vztah poměru nadzemní a podzemní biomasy ke kategoriálně vnímanému stáří (F-statistic: 4,069, p-value: 0,055, vysvětlená variabilita (vážená počtem proměnných) je 10,93%). Pokud ale biomasu přepočítám na jednu rostlinu, vztah se ještě víc znejasní (F-statistic: 2,83, p-value: 0,1055, vysvětlená variabilita (vážená počtem proměnných) je 6,821%). Podobně není průkazný ani vztah k lineárně vnímanému stáří (u prostého součtu F-statistic: 2,884, p-value: 0,1024 vysvětlená variabilita 7,007% a při přepočtu na jednu rostlinu F-statistic: 2,135, p-value: 0,1570, vysvětlená variabilita 4,341%).

Jak ukazuje graf 10, při kategoriálním vnímání stáří mírně roste poměrná investice do nadzemní části na starších loukách. Při lineární vnímání (kde je vztah neprůkazný) naopak klesá.

Graf 10: Vztah mezi poměrnou investicí do nadzemní biomasy a preferovaným stáří luk

Na ose x je podíl investice do nadzemní/podzemní biomasy (doprava roste poměrná investice do nadzemí). Na ose y je poloha druhu na první ordinační ose CCA analýzy vztahu stáří luk a druhového složení (vlevo lineárně vnímané stáří, vpravo kategoriálně) (vyšší čísla značí vyšší stáří). (Vztah k lineárnímu stáří není průkazný.)



Doba dozrávání semen

Dobu, kdy semena dozrávají jsem zkoumala u všech 42 druhů, které jsme sledovala v terénu, ale anova test nepotvrdil, že by tato proměnná měla jakýkoli vztah ke stáří luk, na kterém druhy rostou (pro lineární vnímání stáří F-statistic 2,0289 a p-value 0,1621 a pro kategoriální vnímání stáří F-statistic 0,7243 a p-value 0,3998).

Trsovitost

Tendenci k vytváření trsů jsem zkoumala u všech 42 druhů, které jsme sledovala v terénu, ale anova test nepotvrdil, že by tato proměnná měla jakýkoli vztah ke stáří luk, na kterém druhy rostou (pro lineární vnímání stáří F-statistic 2,1696 a p-value 0,1075 a pro kategoriální vnímání stáří F-statistic 2,0469 a p-value 0,1236).

Produkce semen na plochu

Do analýzy bylo zařazeno 37 druhů.

Nepodařilo se prokázat vztah mezi tím, kolik semen je druh schopný vyprodukovat na jednotku plochy a tím, jakému stáří luk dávají přednost (u lineárního času F-statistic: 0,3783, p-value: 0,5424 a u kategoriálního stáří F-statistic: 0,0868, p-value: 0,77). Na neprůkaznosti vztahu se nezmění nic ani pokud počet semen násobíme vahou semen (u lineárního času F-statistic: 0,3137, p-value: 0,5789 a u kategoriálního F-statistic: 0,06368, p-value: 0,8022)

(c) údaje z databázi

Zastoupení čeledí

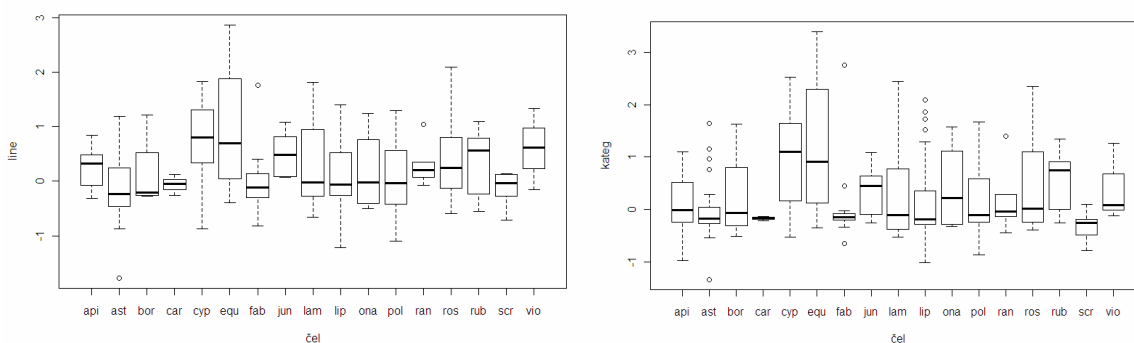
Ve snímcích se nachází 173 bylinných druhů z 28 čeledí, ale 11 čeledí je zastoupeno jen jedním či dvěma druhy, proto do analýzy zařazují pouze 158 druhů a 17 čeledí. Provedla jsem anova test za účelem zjištění vlivu příbuznosti na úrovni čeledě.

V obou případech vychází vliv signifikantní. Vnímáme-li čas jako lineární, je $F\text{-value} = 2,0001$, $p\text{-value} = 0,01683$. Při započítání času jako kategoriální proměnné, je $F\text{-value} = 1,7746$, $p\text{-value} = 0,0417$.

Z grafu 11 můžeme odhadovat, že na staré louky jsou vázány čeledi *Cyperaceae* a *Equisetaceae*. Pro ověření, pro které čeledi je vztah signifikantní, provádím Tukeyho test mnohonásobného srovnávání. Podle něj se při lineárním vnímání stáří průkazně liší pouze čeleď *Cyperaceae* od *Asteraceae* a při kategoriálním opět *Cyperaceae* od *Asteraceae* a *Scrofulariaceae* od *Cyperaceae*. Průkazně tedy můžeme tvrdit pouze, že rostliny čeledi *Asteraceae* dávají přednost mladším loukám (a při kategoriálním vnímání i rostliny čeledi *Scrofulariaceae*) a rostliny čeledi *Cyperaceae* upřednostňují starší louky.

Graf 11: Zastoupení čeledí v různě starých snímcích

Na x-ové ose jsou jednotlivé čeledě zazené abecedně (*Apiaceae*, *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Equisetaceae*, *Fabaceae*, *Juncaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae* (=lip), *Onagraceae*, *Polypodiaceae*, *Rubiaceae*, *Scrofulariaceae*, *Violaceae*). Na y-ové poloze druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Délka života

Do lineární analýzy bylo zařazeno 162 druhů s rozpětím délky života 0,5 – 80 let.

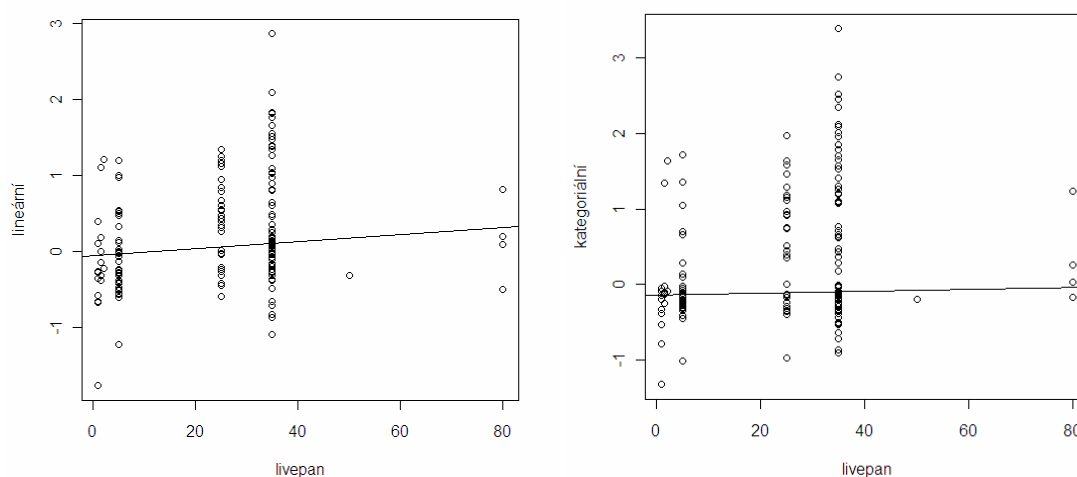
Ukazuje se, že obvyklá délka života druhů významně koreluje (v lineárním modelu) se stářím luk, na kterém rostou a to až uvnímáme čas lineárně ($F\text{-statistic} = 9,76$ při 1 a 161 stupních volnosti, $p\text{-value} = 0,002115$) (přímka popisující vztah protíná osu y v -0,05550 a

má sklon 0,00464) nebo kategoriálně (F-statistic: 7,303 při 1 a 161 stupních volnosti, p-value: 0,007623) (přímka popisující vztah protíná osu y v -0,139342 a má sklon 0,001278). Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 5,13 % u lineárního stáří a 3,745 % u kategoriálního.

Z grafu 12 je jasné, že krátkověké druhy se drží na mladých loukách, výrazně dlouhověké naopak na starých loukách (dřeviny byly z analýzy vyloučeny).

Graf 12: Vztah délky života druhu a preferovaného stáří luk.

Na x-ové ose délka života ramety druhu v letech, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Rok prvního kvetení

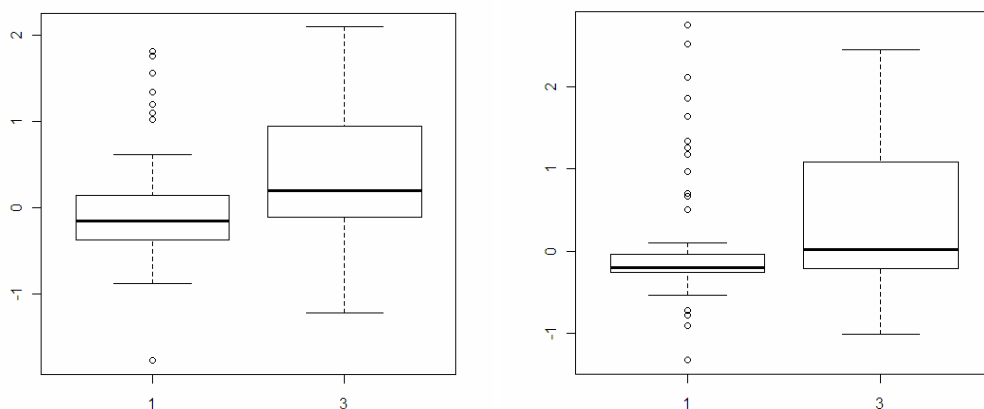
Ač léta jsou proměnná lineární, databáze uvádí tuto charakteristiku ve třech kategoriích, ze kterých mám obsazeny pouze dvě (kvetoucí v prvním roce, kvetoucí mezi prvním a pátým rokem). Proto tuto proměnnou testuji anova testem, jako kategoriální. Údaje mám pro 126 druhů.

V obou způsobech vnímání stáří luk se průkazně liší druhy v tom, ve kterém roce života poprvé kvetou. Při lineárním vnímání stáří je F-value = 9,8309, p-value = 0,002139. Při kategoriálním F-value = 6,6837, p-value = 0,01088. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 6,55 % a 4,316 % u kategoriálního stáří.

Z grafu 13 můžeme vyčíst, že druhy, kvetoucí poprvé v pozdějších letech, preferují starší louky.

Graf 13: Vztah roku, kdy je druh poprvé schopen kvést a preferovaného stáří luk.

Na x-ové ose rok života, ve kterém druh poprvé kvete (1 značí v prvním roce, 3 značí mezi druhým a pátým rokem), na y-ové ose poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Monokarpie

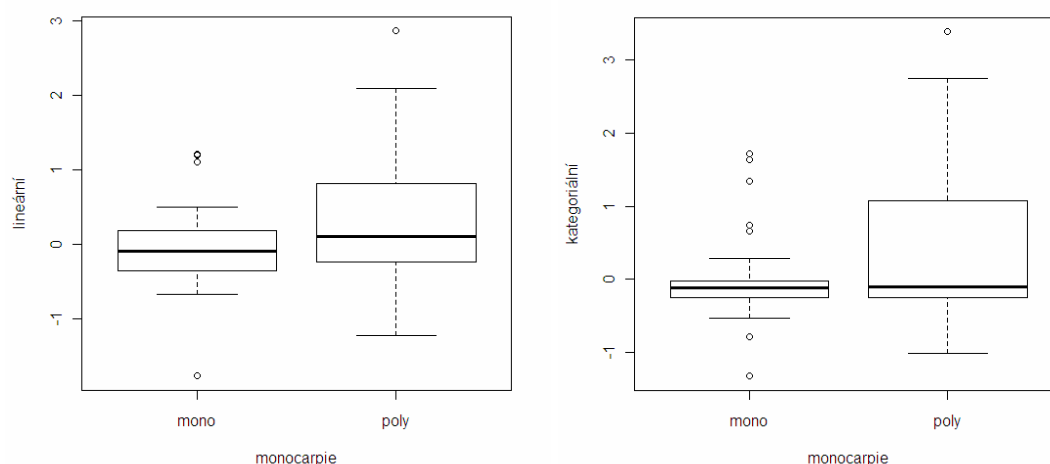
Do analýzy bylo zařazeno 163 druhů ve dvou kategoriích (monokarpní/polykarpní).

V anova testu pro čas vnímaný lineárně se monokarpní druhy jeví jednoznačně nerovnoměrně rozložené (F-value = 7,1302, p-value = 0,008357). Vnímáme-li čas kategoriálně, vysvětlí monokarpie sice méně variability (F-value = 4,914), ale stále má průkazný vliv (p-value = 0,02804). Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 3,646 % u lineárního stáří a 2,804 % u kategoriálního.

Z grafu 14 je zřejmé, že monokarpní druhy se drží mladších luk.

Graf 14: Stáří luk preferované monokarpními druhy

Na x-ové monokarpie/polykarpie druhu, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Začátek, konec a celková délka kvetení

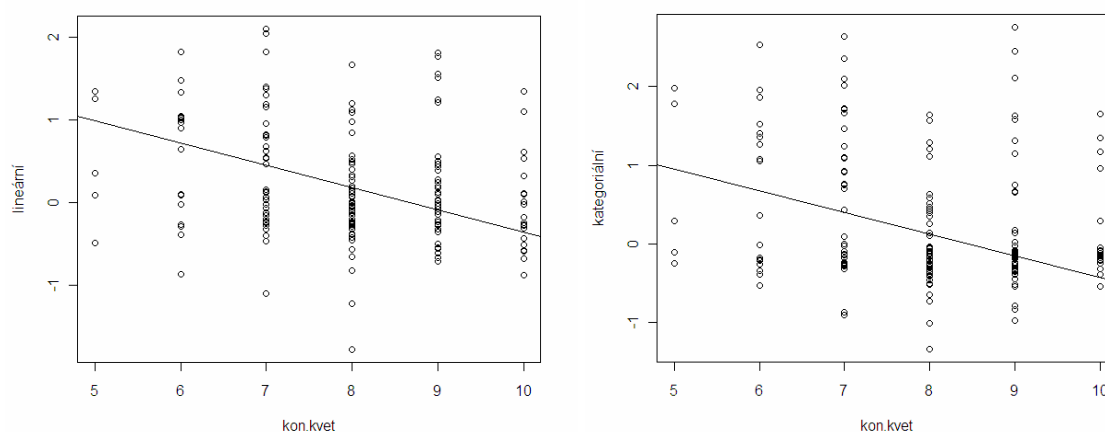
Do lineární analýzy zařazuji 171 druhů, které začínají kvést mezi březnem a červencem a odkvétají mezi květnem a říjnem.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly v době začátku kvetení u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,4194, p-value: 0,5181 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,6857, p-value: 0,4088 při kategoriálním; obojí pro 1 a 170 stupňů volnosti).

Existují ale výrazné rozdíly v tom, které druhy kdy odkvétají (F-statistic: 12,78, p-value: 0,00046 při lineárním vnímání a F-statistic: 11,04, p-value: 0,0011 při kategoriálním; obojí pro 1 a 170 stupňů volnosti). Doba odkvětu vysvětluje 6,44% celkové variability (váženo počtem proměnných) při lineárním vnímání stáří a 5,54% při kategoriálním vnímání. Při lineárním vnímání stáří luk protíná přímka osu y v 2,33 a má sklon -0,2685, při kategoriálním je průsečík 2,3217 a sklon -0,2744. Jak je tedy vidět i z grafu 15, později odkvétají druhy na mladších loukách.

Graf 15: Doba odkvětu a stáří luk

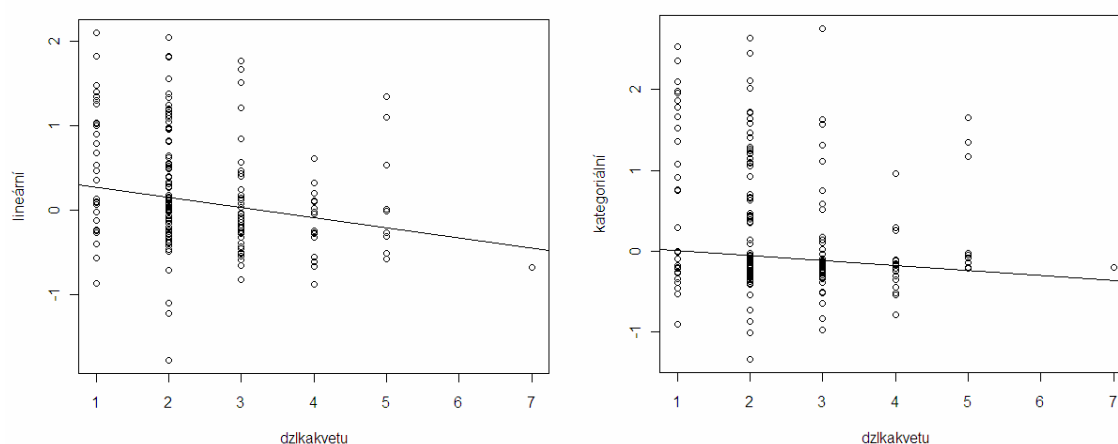
Na x-ové ose je měsíc, ve kterém druh odkvétá, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Podobně výrazné rozdíly jsou v tom, jak dlouho druhy kvetou (F-statistic: 12,9, p-value: 0,00043 při lineárním vnímání a F-statistic: 9,957, p-value: 0,0019 při kategoriálním; obojí pro 1 a 170 stupňů volnosti). Doba odkvětu vysvětluje 6,51% celkové variability (váženo počtem proměnných) při lineárním vnímání stáří a 4,98% při kategoriálním vnímání. Při lineárním vnímání stáří luk protíná přímka osu y v 0,3888 a má sklon -0,1200, při kategoriálním je průsečík 0,07315 a sklon -0,0626. Jak je tedy vidět i z grafu 16, celkově déle kvetou druhy na mladších loukách.

Graf 16: Délka doby květu a stáří luk

Na x-ové ose doba, kterou druhy kvetou v měsících, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Počet semen na rametu

Do lineární analýzy zařazují 133 druhů, počty semen se pohybují mezi 3 a 615600.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly v počtu semen produkovaných jednou rametou u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-

statistic: 0,4037, p-value: 0,5263 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,3005, p-value: 0,5845 při kategoriálním; obojí pro 1 a 132 stupňů volnosti).

Váha semen

K lineární analýze jsem použila 158 druhů, váha stovky semen byla uváděna v gramech od 0,02 do 22 g.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve váze semen u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 2,393, p-value: 0,1239 při lineárním vnímání a F-statistic: 1,6, p-value: 0,2077 při kategoriálním; obojí pro 1 a 157 stupňů volnosti).

Semenná banka

Do lineárních analýz zařazuji shodně 155 druhů, životnost semenné banky uvádím v letech od 0,5 do 7.

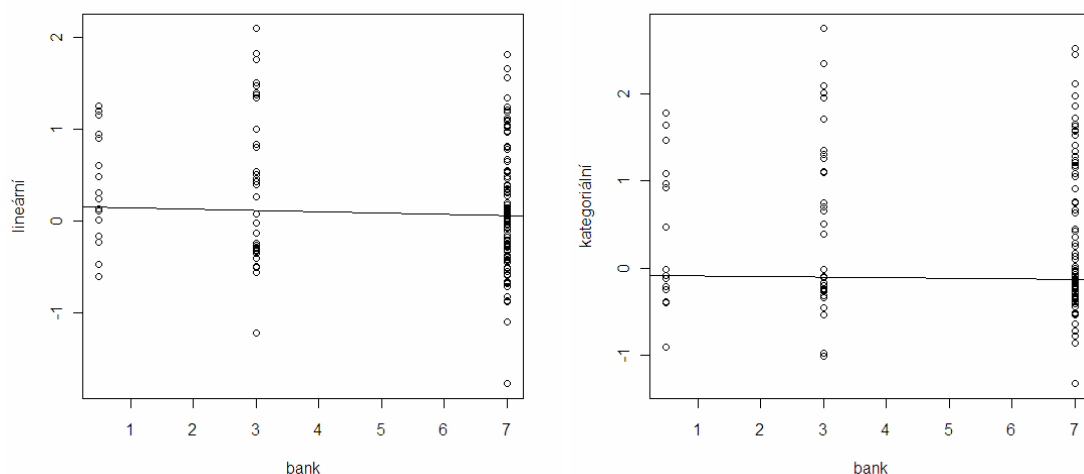
Vnímáme-li čas lineárně, jsou rozdíly v tvorbě semenné banky průkazné (F-statistic: 4,341 pro 1 a 154 stupňů volnosti, p-value: 0,03885). Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,15725 a má sklon - 0,01335. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 2,097%.

Pokud vnímám čas kategoriálně, je tvorba semenné banky na hranici průkaznosti (F-statistic: 3,616 pro 1 a 155 stupňů volnosti, p-value: 0,05913). Přímka popisující vztah protíná osu y v -0,08815 a má sklon -0,00595. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 1,723 %.

Tendenci dlouhodobě přežívat v půdě mají tedy spíše semena druhů rostoucích na mladších loukách. Vztah zobrazuje graf 17.

Graf 17: Tvorba semenné banky a preferované stáří luk.

Na x-ové ose je doba přežívání semen v půdě v letech, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.

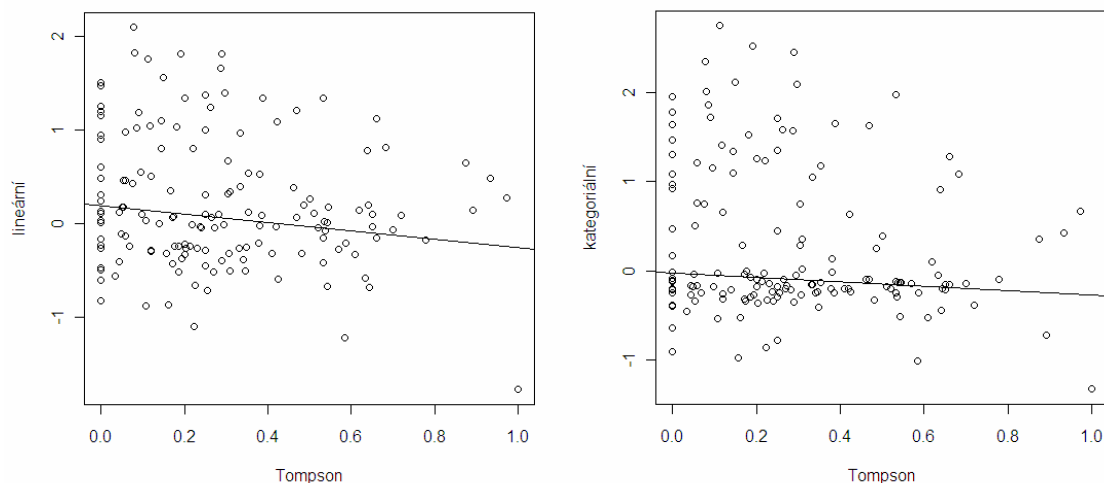


Budeme-li brát semennou banku tak, jak to doporučuje pan Thompson (Thompson et al. 1998), je vazba přežívání semen a stáří luk průkazná v obou případech. Vnímáme-li čas lineárně je F-statistic: 4, 493 pro 1 a 154 stupňů volnosti, p-value: 0,03567). Přímka popisující vztah protíná osu y v -0,02436 a má sklon -0,24945. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 2,261%. Pokud vnímám čas kategoriálně, je F-statistic: 5,793 pro 1 a 154 stupňů volnosti, p-value: 0,0173). Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,1926 a má sklon -0,4473. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 3,077 %.

Jak ukazuje graf 18, do druhé sezony tedy přežije obecně více semen druhů rostoucích na mladších loukách.

Graf 18: Přežívání semen do druhé sezony a preferované stáří luk.

Na x-ové ose je záznam o semenné bance podle Thompson et al. 1998 (čím vyšší číslo, tím víc semen přežívá do dalšího roku), na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Šíření semen

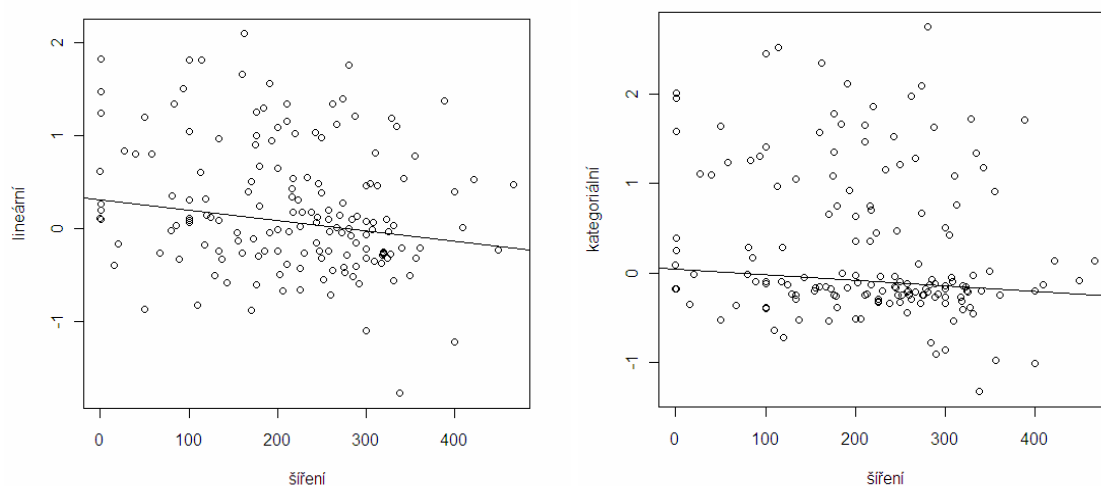
K lineární analýze jsem použila 159 druhů, vzdálenost, na kterou jsou semena schopna se šířit, je uváděna v metrech od 0,1 do 466 m.

Mezi druhy rostoucími na mladých a starých loukách jednoznačně je rozdíl v tom, jak daleko jsou jejich semena schopna se šířit a to při obou způsobech vnímání stáří luk. Při lineárním vnímání byla F-statistic = 8,622 (při 1 a 158 stupních volnosti) a p-value = 0,003817. Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,315060 a má sklon -0,001126. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 4,575 %. Při kategoriálním vnímání byla F-statistic = 7,111 (při 1 a 158 stupních volnosti) a p-value = 0,008458. Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,0436482 a má sklon -0,0006228. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 3,701%.

Jak ukazuje graf 19, na mladších loukách jednoznačně převládají druhy, jejichž semena se dobře šíří na velké vzdálenosti.

Graf 19: Vzdálenost, na kterou se šíří semena a preferované stáří luk.

Na x-ové ose je vzdálenost, na kterou se šíří semena druhu v metrech, na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Výška vegetativních orgánů rostlin

K lineární analýze jsem použila 159 druhů, výška porostu uváděna v metrech od 0,1 do 4 m.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve výšce porostu u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,2586, p-value: 0,6118 při

lineárním vnímání a F-statistic: 0,906, p-value: 0,3426 při kategoriálním; obojí pro 1 a 158 stupňů volnosti).

Výška rostliny v květu

K lineární analýze jsem použila 171 druhů, výška rostlin v květu byla uváděna v metrech od 0,1 do 3 m.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve výšce rostlin u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,03629, p-value: 0,8419 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,06227, p-value: 0,8032 při kategoriálním; obojí pro 1 a 170 stupňů volnosti).

Vzpřímenost stonku

Pro anova analýzu používám 164 druhů v pěti kategoriích.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve vzpřímenosti stonku u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,5943, p-value: 0,6673 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,7583, p-value: 0,5539 při kategoriálním).

Rozložení listů na stonku

Pro anova analýzu používám 164 druhů ve třech kategoriích.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly v rozložení listů na stonku u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,155, p-value: 0,8565 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,002, p-value: 0,998 při kategoriálním).

Zde jsou rozdíly natolik statisticky nízké, že můžeme tvrdit, že rozložení listů na stonku bude na všech typech luk pravděpodobně stejné – výrazně převažuje polorozetový typ.

Schopnost klonálního rozmnožování

Do anova testu zařazuji 153 druhů, ve dvou kategoriích.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve schopnosti rozmnožovat se klonálně u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 1,7656, p-value: 0,1859 při lineárním vnímání a F-statistic: 2,0909, p-value: 0,1502 při kategoriálním).

Počet klonálních potomků

Do lineární analýzy zařazuji 153 druhů, počty potomků se pohybují mezi 0,5 a 15.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly v počtu klonálních potomků za rok u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,01531, p-value: 0,9017 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,3348, p-value: 0,5637 při kategoriálním; obojí pro 1 a 152 stupňů volnosti).

Vzdálenost, na kterou je druh schopen se šířit klonálně

Do lineární analýzy zařazují 153 druhů, vzdálenost se pohybuje mezi 0,01 a 1m.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly ve vzdálenosti, na kterou je druh schopen vegetativní reprodukce u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,9291, p-value: 0,3366 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,527, p-value: 0,469 při kategoriálním; obojí pro 1 a 152 stupňů volnosti).

Ellenbergovy indikační hodnoty:

Světlo

Do lineární analýzy započítávám 154 druhů, hodnoty pro světlo jsou 3 až 7.

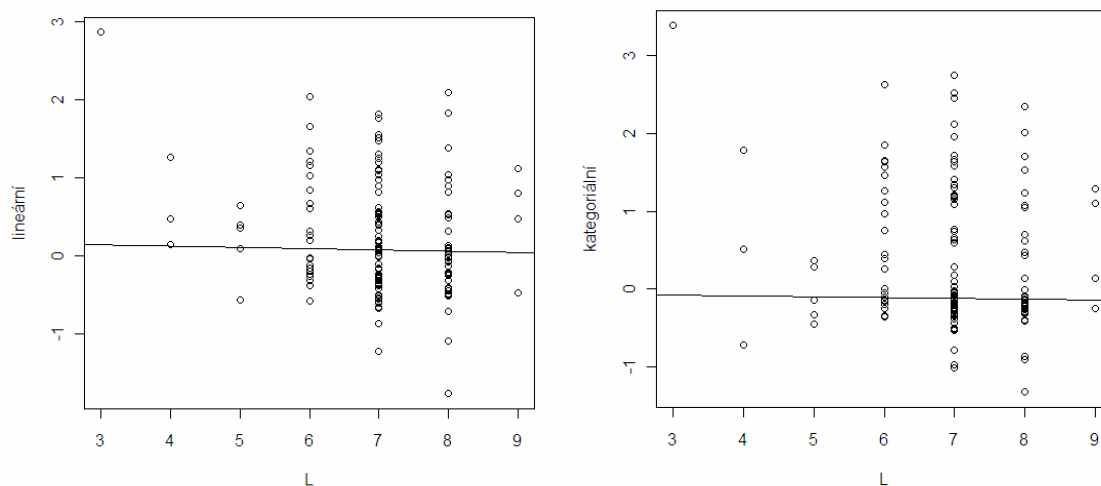
Vnímáme-li čas lineárně, jsou rozdíly v Ellenbergově indikační hodnotě pro světlo průkazné (F-statistic: 4,52 pro 1 a 153 stupňů volnosti, p-value: 0,0351). Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,19885 a má sklon -0,01785. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 2,235 %.

Pokud vnímám čas kategoriálně, je Ellenbergova indikační hodnota pro světlo na hranici průkaznosti (F-statistic: 3,2933 pro 1 a 153 stupňů volnosti, p-value: 0,07152). Přímka popisující vztah protíná osu y v -0,04558 a má sklon -0,01037. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 1,467 %.

Graf 20 ukazuje, že na starších loukách mírně klesá náročnost druhů na světlo.

Graf 20: Ellenbergova indikační hodnota pro světlo a preferované stáří luk

Na x-ové ose Ellenbergova indikační hodnota pro světlo (vyšší čísla značí vyšší nároky), na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Teplo

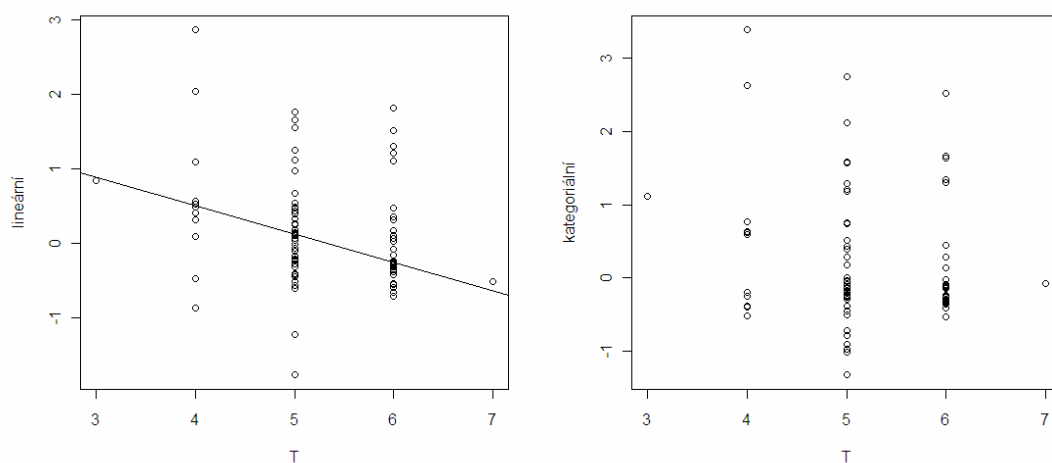
Do lineární analýzy započítávám 86 druhů, hodnoty pro teplo jsou 3 až 7.

Vnímáme-li čas lineárně, jsou rozdíly v Ellenbergově indikační hodnotě pro teplo průkazné (F-statistic: 5,3362 pro 1 a 84 stupňů volnosti, p-value: 0,02334). Přímka popisující vztah protíná osu y v 2,025 a má sklon -0,381. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 4,854 %. Druhy mladších luk jsou tedy teplomilnější, jak ukazuje graf 21.

Pokud vnímám čas kategoriálně, nemá Ellenbergova indikační hodnota pro teplo průkazný vliv (F-statistic: 2,56 pro 1 a 84 stupňů volnosti, p-value: 0,1134). Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 1,802 %.

Graf 21: Ellenbergova indikační hodnota pro teplo a preferované stáří luk

Na x-ové ose Ellenbergova indikační hodnota pro teplo (vyšší čísla značí vyšší nároky), na y-ové poloze druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky. (V grafu vpravo není trend signifikantní)



Kontinentalita

Do lineární analýzy zařazují 121 druhů a indikační hodnota nabývá hodnot 2 až 7.

Nepodařilo se prokázat žádné rozdíly v Ellenbergově indikační hodnotě pro kontinentalitu u druhů rostoucích na různě starých loukách a to ani při jednom způsobu vnímání stáří luk (F-statistic: 0,2429, p-value: 0,623 při lineárním vnímání a F-statistic: 0,5377, p-value: 0,4648 při kategoriálním; obojí pro 1 a 119 stupňů volnosti).

Vlhkost

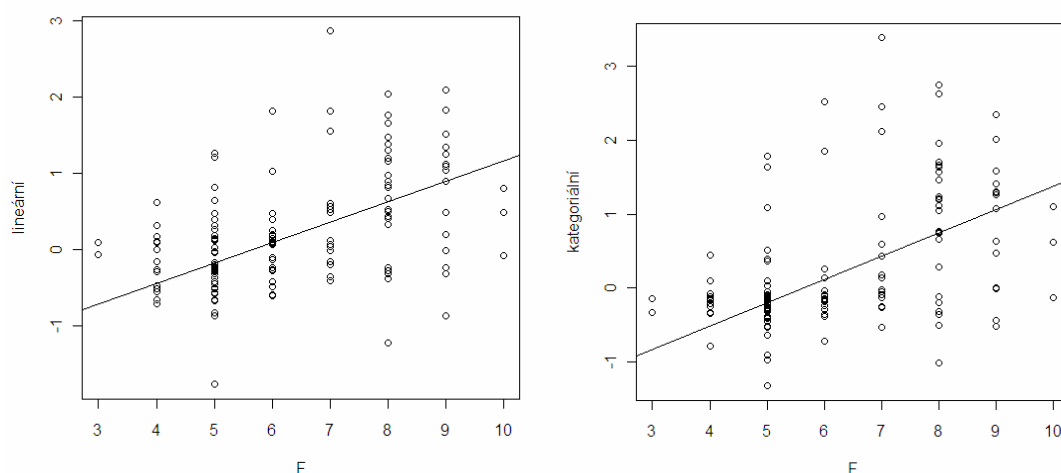
Do lineární analýzy zařazují 140 druhů a indikační hodnota nabývá hodnot 3 až 10.

V obou způsobech vnímání stáří luk se průkazně liší Ellenbergovy indikační hodnoty pro vlhkost u druhů rostoucích na různě starých loukách. Při lineárním vnímání stáří je F-value = 38,59 p-value < 0,0001. Při kategoriálním F-value = 38,78, p-value < 0,0001. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 21,29 % u lineárního a 21,37 % u kategoriálního stáří. Přímka popisující vztah protíná osu y v -1,5281 a má sklon 0,2694 pro lineární stáří, respektive v -1,7757 a sklon 0,3152 pro kategoriální stáří.

Jak ukazuje graf 22, starší louky jsou tedy obsazovány vlhkomilnějšími druhy.

Graf 22: Ellenbergova indikační hodnota pro vlhkost a preferované stáří luk

Na x-ové ose Ellenbergova indikační hodnota pro vlhkost (vyšší čísla značí vyšší nároky), na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Půdní reakce

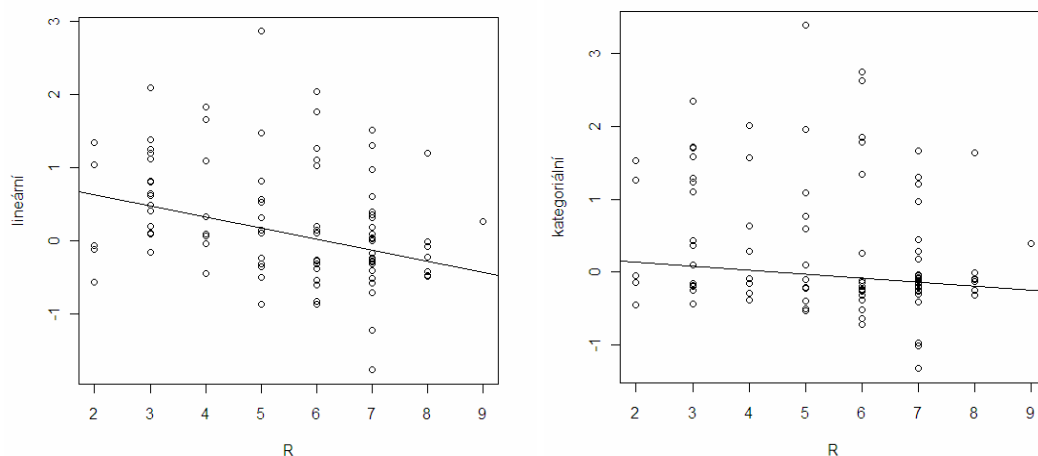
Do lineární analýzy zařazují 92 druhů a indikační hodnota nabývá hodnot 2 až 9.

V obou způsobech vnímání stáří luk se průkazně liší Ellenbergovy indikační hodnoty pro půdní reakci u druhů rostoucích na různě starých loukách. Při lineárním vnímání stáří je $F\text{-value} = 10,29$ $p\text{-value} = 0,001854$. Při kategoriálním $F\text{-value} = 4,782$, $p\text{-value} = 0,03135$. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 9,262 % u lineárního a 3,99 % u kategoriálního stáří. Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,9340 a má sklon $-0,1513$ pro lineární stáří, respektive v 0,2511 a sklon $-0,05571$ pro kategoriální stáří.

Jak ukazuje graf 23, starší louky jsou tedy kyselější (mají nižší pH).

Graf 23: Ellenbergova indikační hodnota pro pH půdy a preferované stáří luk

Na x-ové ose Ellenbergova indikační hodnota pro pH půdy (vyšší čísla značí vyšší pH, čili zásaditější substrát), na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



Obsah dusíku v půdě

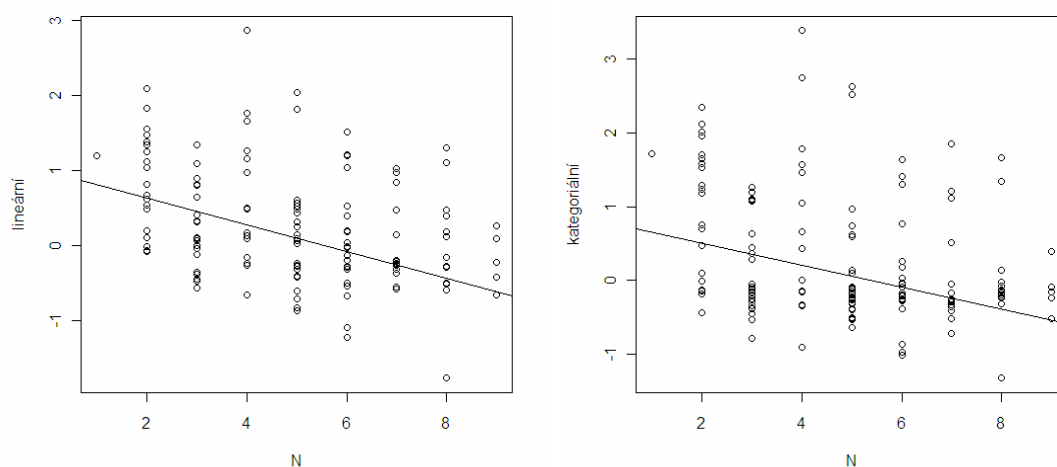
Do lineární analýzy zařazují 144 druhů a indikační hodnota nabývá hodnot 1 až 9.

V obou způsobech vnímání stáří luk se průkazně liší Ellenbergovy indikační hodnoty pro obsah dusíku v půdě u druhů rostoucích na různě starých loukách. Při lineárním vnímání stáří je $F\text{-value} = 22,86$ $p\text{-value} < 0,0001$. Při kategoriálním $F\text{-value} = 15,18$, $p\text{-value} = 0,00015$. Podíl vysvětlené variability (vážený počtem kategorií) je 13,26 % u lineárního a 9,019 % u kategoriálního stáří. Přímka popisující vztah protíná osu y v 0,9854 a má sklon $-0,1772$ pro lineární stáří, respektive v 0,8066 a sklon $-0,15$ pro kategoriální stáří.

Jak ukazuje graf 24, druhy náročné na vyšší obsah dusíku preferují mladší louky.

Graf 24: Ellenbergova indikační hodnota pro půdní dusík a preferované stáří luk

Na x-ové ose Ellenbergova indikační hodnota pro půdní dusík (vyšší čísla značí vyšší nároky), na y-ové poloha druhu na ose znázorňující stáří louky (vlevo lineárně chápané, vpravo kategoriálně). Vyšší čísla značí starší louky.



(3) Shrnující statistiky

Které charakteristiky druhů tedy mají průkazný vztah k tomu, jak staré louky druh preferuje? Výsledky výše shrnuji do tabulky 4, ze které můžeme vidět, že jsme našli dohromady 15 charakteristik, které mají samostatně průkazný vztah k tomu, jak staré louky druhy preferují.

Tabulka 5: Charakteristiky s průkazným vztahem ke stáří luk

Sloupec lineární stáří uvádí p hodnotu vztahu pro porovnávání s proti lineárně vnímanému stáří, sloupec kategoriální uvádí p hodnotu vztahu pro porovnání charakteristiky s kategoriálně vnímaným stářím luk. Sloupec „se stářím“ krátce shrnuje průběh vztahu (např. Ellenbergova vlhkost stoupá na starších loukách). Charakteristiky jsou řazeny od nejprůkaznější, jsou vynechány neprůkazné.

Červeně jsou označeny ty hodnoty, které jsou započítány do souhrnného modelu.

počet druhů	charakteristika	lineární stáří (p)	kategoriální stáří (p)	se stářím
140	Ellenberg. vlhkost	<0,0001	<0,0001	stoupá
144	Ellenberg. dusík	<0,0001	0,0002	klesá
171	délka doby květu	0,0004	0,0019	klesá
171	doba odkvětu	0,0005	0,0011	klesá
92	Ellenberg. reakce	0,0019	0,0313	klesá
162	délka života	0,0021	0,0076	stoupá
126	rok prvního vykvetení	0,0021	0,0109	stoupá
159	šíření semen	0,0038	0,0006	klesá
163	monokarpie	0,0084	0,0280	klesá
158	zastoupení čeledí	0,0168	0,0417	přibývá Cyperaceae, ubývá Asteraceae
86	Ellenberg. teplo	0,0233	0,1134	klesá
154	Ellenberg. světlo	0,0351	0,0715	klesá

155	semenná banka dle Thompsona	0,0357	0,0173	klesá
155	semenná banka	0,0389	0,0591	klesá
25	poměrná investice do nadzemí	0,055	0,1055	s lin. klesá s kateg. roste
37	přežívání semenáčků	0,089	0,095	stoupá

(a) Které charakteristiky spolu souvisí?

PCA analýza

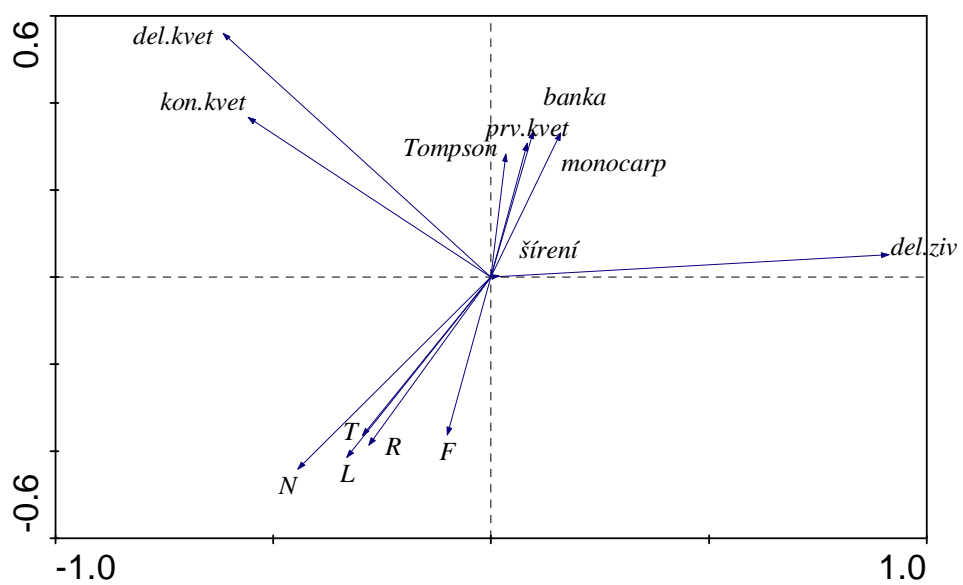
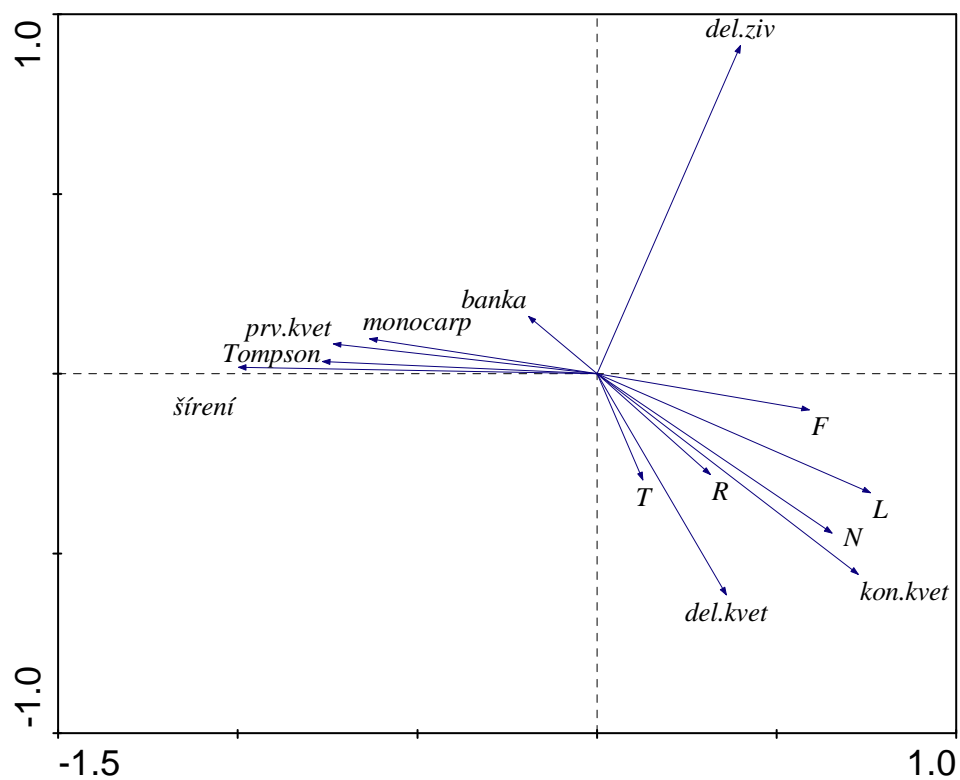
Zde se zabývám pouze charakteristikami, které při samostatném testu měli signifikantní vztah se stářím luk a mám údaje alespoň pro 2/3 druhů (tj. 114 druhů).

Nejprve provádím PCA analýzu korelace jednotlivých proměnných (z analýzy vypadlo zastoupení čeledí, které není číselnou proměnnou a nepovažuji za užitečné zobrazovat v grafu 17 čeledí zvlášť). Všechny proměnné jsou standardizované a centrovány, protože je uvádím v rozdílných jednotkách. Výsledek ukazuje graf 24. Celkově PCA analýza vysvětluje 28,8 % variability.

K hlavní ose se nejbližší přimykají charakteristiky šíření, semenná banka podle Thompsona (procento semen přežívající do další sezony), věk, ve kterém druh poprvé kvete, monokarpie a opačným směrem směřující půdní vlhkost. Lze tedy usuzovat, že právě tyto proměnné budou mít nejsilnější vliv.

Graf 24: Korelace jednotlivých druhových charakteristik

PCA analýza vztahů proměnných. První graf zobrazuje první a druhou osu, druhý druhou a třetí .



Korelační matice

Korelační matice jsou z důvodu formátování přiloženy v příloze 3.

V datech, která pochází z **mých výzkumů** na omezeném spektru druhů jsou mezi sebou průkazně ($p < 0,05$) korelovány:

- všechny charakteristiky pocházející z terénního výsevu (přežívání semenáčků v konkurenci a reakce na narušení drnu)
- počet rostlin vyrostlých v zahradním pokusu a jejich počet dělený počtem dodaných semen.
- celková produkce biomasy, produkce nadzemní a produkce podzemní biomasy za sezonu.
- ukazatele rychlosti klíčení (zvláště v šestém týdnu) a celkový počet semen vyklíčených v daném roce.
- počty celkově klíčivých semen v jednotlivých letech
- počet semen vyprodukovaných na plochu porostu a hmotnost semen vyprodukovaná na plochu porostu

Zajímavá a hůře vysvětlitelná je pozitivní korelace klíčivosti semen ze semenné banky ve druhém roce a jejich produkce na plochu porostu. Tento vztah je patrný i u čerstvých semen, po prvním roce v půdě se ale neprojevil.

Podobně nečekaná je korelace rychlosti klíčení semen v semenné bance a produkce biomasy (pozitivní závislost) a rychlosti klíčení ze semenné banky a reakcí na narušení porostu a přežívání semenáčků v terénu (pozitivní závislost).

Další zajímavý údaj je změna rychlosti klíčení mezi čerstvými semeny a prvním rokem v půdě a jeho pozitivní korelace s produkcí biomasy v zahradním pokusu. Jedním z možných vysvětlení je fakt, že semena byla vyseta až na jaře, tudíž se lépe dařilo druhům schopným rychle klíčit se semenné banky.

V údajích z **databází** jsou průkazně korelovány:

- začátek a konec kvetení a celková doba kvetení
- monokarpie a celková délka života rostliny
- monokarpie a doba odkvětu (negativně)
- semenná banka a semenná banka sledovaná podle p Thompsona, stejně jako celková výška rostliny a výška vegetativních orgánů
- počet vegetativních potomků a vzdálenost, na kterou je druh schopen se šířit vegetativně a počet vegetativních potomků a schopnost vegetativního množení.
- Ellenbergova hodnota pro dusík a půdní reakci a vlhkost.
- Ellenbergova hodnota pro teplotu a pro vlhkost a půdní reakci.

- Ellenbergova hodnota pro dusík a výška rostlin (v květu i vegetativních orgánů) a hmotnost semen. A obdobně pro půdní reakci (obě hodnoty jsou vzájemně korelované).

- Ellenbergova hodnota pro vlhkost a šířitelnost semen, délka života a věk dospívání, (což je zde patrně dáno vývojem luk)

- schopnost vegetativní reprodukce (negativně) s délkou a dobou kvetení a (pozitivně) s délkou života a tendencí k polykarpii.

- délka života a věk dospívání

- monokarpie a váha semen (negativně) (dáno sukcesí)

- délky života a schopností šířit semena na velkou vzdálenost (negativně)

- tvorba semenné banky a příslušnost k čeledi

Jedinou překvapivou korelací je pozitivní vztah váhy semen a vzpřímenosti stonku.

Porovnávám-li mezi sebou korelace mnou shromážděných údajů a údajů z databází (celé omezeno na 40 vybraných druhů, vyřazuji charakteristiky, které se ukázaly korelované v předchozích krocích), ukazuje se významná spojitost mezi:

- Ellenbergovou hodnotu pro teplotu (negativně) a vlhkost (pozitivně) a měsícem, ve kterém dozrávají semena druhu

- váhou semen a reakcí na dosev a narušení drnu.

Z hůře interpretovatelných vztahů jsou silně korelovány:

- výška rostliny a počet jedinců vyrostlých v zahradním pokusu (pozitivně)

- rok života, ve kterém druh poprvé kvete a počet jedinců vyrostlých v zahradním pokusu (pozitivně)

- vzpřímenost stonku a reakce na dosev a narušení drnu (pozitivně)

- počet semen na rametu a počet jedinců vyrostlých v zahradním pokusu (pozitivně)

- tendence k tvorbě dlouhodobé semenné banky a poměrná investice do nadzemní/podzemní biomasy (pozitivně)

- vzdálenost, na kterou jsou druhy schopny se vegetativně šířit a reakce na dosev (pozitivně)

Velkým překvapením pro mě byla negativní korelace mezi Ellenbergovou hodnotou pro dusík a celkovou produkcí biomasy druhem za sezonu v podmínkách bez konkurence (koeficient -0,41). Korelace zůstává negativní i v případě, že hmotnost vyprodukované biomasy vydělím počtem dodaných semen, jen je méně výrazná (koeficient -0,11, vztah je neprůkazný). Tento efekt je patrně způsoben podmínkami, ve kterých druhy v zahradním

pokusu rostly – v nezapojeném porostu patrně docházelo k nadměrnému výparu a tudíž nedostatku vody, který se projevil výrazněji u rostlin z vysoce produktivních stanovišť.

Podobně podivná je i negativní korelace mezi výškou rostliny a poměru nadzemní biomasy ku podzemní. Sděluje nám, že rostliny, které jsou přirozeně vyšší, investují větší podíl zdrojů do podzemní biomasy. V případě, že by zde byla výraznější korelace i s celkovou vyprodukovanou biomasou (zde je korelační koeficient 0,09 a vztah neprůkazný), interpretovala bych tento vztah jako artefakt toho, že větší rostliny mají mohutnější kořenový systém, ze kterého se hůře vyplavují nečistoty, tudíž nárůst hmoty kořenů je zdánlivě větší. Korelace výšky a celkové biomasy je ale slabá. Jednou z možností vysvětlení je opět nedostatek vláhy v zahradním pokusu – obvykle vysoké rostliny mají tendenci vytvářet větší množství biomasy a alokují ji tam, kde ji potřebují více. Nadzemní konkurence byla omezena způsobem pěstování (nezapojený, jednodruhový porost), tudíž nedostatkovým faktorem se stala vláha a rostliny tak více investují do kořenů.

Jak vytvořit model, vysvětlující maximum variability?

Používám stejné charakteristiky, jako v předchozím případě (tj. ty, které mají samostatně průkazný vztah ke stáří luk a mám u nich údaje alespoň pro 114 druhů) a postupným zpětným výběrem z nich vytvářím nejlepší model. Za ten považuji takový, který vysvětlí nejvíce variability vážené počtem proměnných (sleduji hodnotu adjusted R^2 v programu R).

Pro vztah k lineárně vnímanému stáří model vysvětluje 32,48% celkové variability vážené počtem proměnných a započítávám do něj Ellenbergovu hodnotu pro vlhkost, Ellenbergovu hodnotu pro obsah dusíku v půdě, semennou banku podle Thompsona (počet semen přežívajících do druhé sezony v půdě), Ellenbergovu hodnotu pro světlo, délku doby, po kterou druh kvete a stáří jedince, ve kterém druh poprvé vykvétá.

Pro vztah ke kategoriálně vnímanému stáří vysvětlí model 26,10% celkové variability vážené počtem proměnných a stáří jedince, ve kterém druh poprvé vykvete přestane přinášet dostatek informace a je z modelu vyloučeno. Jinak zůstává model stejný.

P hodnoty těchto charakteristik jsou uvedeny v tabulce 5 (barevné zvýraznění).

Celkově tedy můžeme říci, že starší louky jsou osidlovány druhy vlhkomilnými, ale méně náročnými na obsah živin, vyvážejí semena méně schopná přežít v půdě, jsou méně náročné na světlo, kvetou kratší dobu a později během svého životního cyklu.

VIII. **Diskuze**

Je čas opět se vrátit k otázkám, které byly položeny na začátku a shrnout, nakolik jsme na ně schopni odpovědět. Tato část bude tedy rozdělena opět na dvě části a dále podle jednotlivých otázek.

První oddíl: Které druhy rostou na kterém typu luk?

Má stáří vliv na druhové složení luk?

Předpokládaný vliv stáří louky na druhové složení louky byl jednoznačně prokázán. Ač mnoho prací odkazuje na fakt, že druhové složení je dané především schopností druhů dosáhnout dané lokality a nejpodobnější by si tedy měly být prostorově nejbližší snímky (Prach a Řehouňková 2006) je jasné, že s přibývajícím časem vzdálenost od zdroje diaspor ztrácí na významu. Sledujeme vývoj luk během sta let, což je doba dostatečně dlouhá na to, aby všechny druhy byly schopny vytvořit semena a šířit se z nově obsazených lokalit (Chýlova a Münzbergová 2008), není tedy divu, že vliv sukcesních pochodů a abiotických zněm lokalit výrazně převažuje nad limitami šíření druhů (Honnay et al. 1999, Ruprecht 2005).

Faktory podloží a nadmořská výška mají na druhové složení sice signifikantní vliv, ale vysvětlují jen malé procento variability. Ač mnozí autoři ukazují významný vliv těchto proměnných (např.: Hájek et al. 2008, Chýlová a Münzbergová 2008, Mwampamba a Schwartz 2011, Řehouňková a Prach 2006), v tomto souboru jsou patrně příliš homogenní na to, aby se více projevíly (výškové rozpětí 120 m, 4 typy podloží: amfibolit, rula, hlínopísek a rašelina).

Jak stáří louky sledovat?

Ač se tato otázka může zdát primitivní, pozdější výsledky ukazují, že může mít zásadní vliv na to, které faktory zachytíme jako významné.

Patrně nejlepším způsobem je opakování snímků na trvalých plochách po celý časový úsek (používané např.: Frelich a Reich 1995, Kahmen a Poschlod 2004, Lévesque et al. 2011, Prach et al. 1997), které je ale časově velmi náročné, proto obvykle zahrnuje kratší časové sekvence, nebo opakování historických fytocenologických snímků (např. Rish et al. 2004), které ale nemáme k dispozici. Dalším možností je porovnat různě stará společenstva ve stejném roce a stáří pozemku určovat z historických map či fotografií. Tato technika je vhodnější pro dlouhé

časové série a používá se často pro modelování dlouhodobých změn (např: Freitas et al. 2010, Stephenson 2011, Swetnam 2007, Zomeni et al. 2008). Je ale využitelná i pro sledování sukcese na dlouhém časovém měřítku (Navas et al. 2003) a byly využity i v této práci.

Otázkou ale zůstává, zda se pak se stáří stavět jako k jednotlivým (uspořadatelným) kategoriím společenstev, jak provádí třeba (Guggenberger a Zech 1999, Chýlova a Münzbergová 2008, Kondolf et al. 2006, Kozak 2003, Wangpakapattanawonga et al. 2010), nebo zda zachovat čas jako lineární proměnnou a společenstva tak umístit na jednodílnou časovou osu (Mwampamba a Schwartz 2011, Read a Lawrence 2003, Ruprecht 2005). Obecně můžeme říct, že pokud je kategorií málo (z citovaných používá nejvíce Guggenberger a Zech 1999, Kozak 2003, Wangpakapattanawonga et al. 2010 shodně po třech časových řezech) přistupují autoři k času kategoriálně, pokud více (nejméně Mwampamba a Schwartz 2011 - 5 řezů), chápou čas lineárně. Protože 4 kategorie stáří jsou kdesi uvnitř této hranice, zvolila jsem srovnávání obou metod.

Které druhy rostou na jak starých loukách?

Funkčními typy se budeme zabývat v dalším oddíle, proto se na tuto otázku pokusím odpovědět na úrovni čeledí a druhů. Na starších loukách roste podíl rostlin z čeledi *Cyperaceae*, což by mohlo upozorňovat na vlhnutí lokalit (Diemer et al. 2001). Naopak ubývání rostlin čeledi *Asteraceae* je patrně znakem úbytku druhů vázaných na mladší a střední fáze sukcese (především druhy *Taraxacum sect. ruderalia* a *Cirsium arvense*, které dominují mladším loukám, ale postupně se vytrácejí). Méně průkazná je vazba čeledi *Scrophulariaceae* na mladší louky. I ta se dá vysvětlit velkým podílem jednoletých a plevelných druhů (především rozrazilů) v této čeledi.

Druhý oddíl: Jak lze popsat druh, typický pro určité stáří luk.

Nakolik způsob zakopávání a klíčení semen ovlivňuje výsledky výzkumu semenné banky?

Obecně existují dva způsoby výzkumu semenné banky: klíčení semenáčků ze vzorků půdy a jejich porovnávání s druhovým složením současného porostu (např: Handlova a Münzbergová 2006, Reine et al. 2006, Tsuyuzaki a Kanda 1996) a zakopávání semen do půdy a jejich následné klíčení v laboratorních podmínkách (Knevel 2005). Každý ze způsobů má své nevýhody. V prvním případě je to především nejistý původ a stáří semen, ve druhém umělé podmínky přežívání i klíčení (Knevel 2005).

Moje výsledky ale ukazují, že ač se semena v nylonových sáčkích mohou zdát od půdy dosti izolovaná, působí na ně nejspíš stejné podmínky, jako přímo v půdě. Větším problémem může být ale přímo způsob klíčení (Begon et al. 1997). Necháváme-li tedy semena klíčit z půdy (což vypovídá lépe o podmínkách v terénu), musíme i čerstvá semena nechávat klíčit na substrátu, nikoli na filtračním papíře. Zajímá-li nás teoretická změna klíčivosti (nikoli schopnost semen v pozdějších letech v terénu skutečně vyrůst), je vhodnější a snazší používat klíčení na filtračním papíře.

Jak lze popsat druh, typický pro určité stáří luk?

Které charakteristiky spolu souvisí?

V této práci bylo studováno několik okruhů charakteristik druhu, budu se jim věnovat postupně.

První z nich byla **stavba těla rostliny** (rozložení listů na stonku, vzpřímenost stonku, tendence k tvorbě trsů, výška rostlin). Žádná z těchto charakteristik nejevila vazbu na to, jak staré louky druhy preferují. U těchto charakteristik je logiky očekávatelný vztah k sečení a pasení (Diaz et al. 2001, McIntyre et al. 1999, Konvička et al. 2005), což také potvrzují např. práce Diemer et al. 2001 či Kahnen a Poschlod 2004, které ukazují nárůst počtu rovnoměrně olistěných druhů v sukcesní řadě v případě, že lokalita není sečena. Déle je často zmiňován nárůst počtu fanerofytů (Prach et al. 1997), ty jsou ale v našem případě potlačeny sečí. Seč je také patrně faktorem, který potlačuje nástup vysokých druhů (Diaz et al. 2001, Diemer et al. 2001, Lehsten a Kleyer 2007, Rosentha 2010), často zmiňovaných v sukcesních řadách (Kahnen a Poschlod 2004, Prach et al. 1997). Výška rostliny roste též s úživností půdy (Lehsten a Kleyer 2007), která ale v této sukcesní řadě klesá (viz Ellenbergovy hodnoty). Zdá se tedy, že na obhospodařovaných loukách rostou již od ranných stádií druhy dobře přizpůsobené seči a tento fakt se v průběhu stárnutí louky nemění.

Charakteristikou související se stavbou rostlinného těla je i **schopnost vegetativního rozmnožování** (jeho přítomnost, počet vegetativních potomků, které je mateřská rameta schopna vytvořit za sezonu a vzdálenost, na kterou jsou vegetativní potomci schopni se dostat od mateřského organismu). Ani ta nejevila žádnou souvislost s tím, jak staré louky druhy preferují ač práce z neblokovaných sukcesních řad poukazují na nárůst vegetativního způsobu množení během sukcese (Kahnen a Poschlod 2004, Prach et al. 1997). Opět se ale jedná o charakteristiku vykazující vztah k seči – na sečených plochách jsou favorizovány druhy

schopné vegetativního množení a především přežívání na místě (seč podporuje druhy schopné vegetativní regenerace, méně už ale druhy schopné tvořit dlouhé šlahuny) (Kahmen et al. 2002, McIntyre et al. 1999, Wellstein a Kuss 2011), tudíž stejně jako v předchozím případě můžeme očekávat, že managementové zásahy zde ovlivňují vegetaci více, než plynutí času, což potvrzuje i fakt, že ze 153 zkoumaných druhů pouze u 11 nikdy nebylo zaznamenáno klonální rozmnožování (obecně je klonálního rozmnožování schopno asi 70% naší flóry (Klimešová a Klimeš 2011).

Naopak významná se ukazuje většina charakteristik souvisejících s **rozmnožováním semen** (schopnost dálkového šíření, tvorba semenné banky a tvorba semenné banky podle Thompsona (přežívání do další sezony). Obojí je ve shodě s předchozími studiemi (Huston a Smith 1987, Kahmen a Poschlod 2004, Kleyer 1999, Walker et al. 1987, Prach et al. 1997) – druhy mladých luk jsou lépe přizpůsobeny tomu, aby lokality dosáhly (šíří se daleko) a přežili její zničení (mají dlouhotrvající semennou banku), zatímco druhy starších luk spoléhají na relativní stálost prostředí, které mimo jiné omezuje možnost druhů využít semennou banku. Navíc zde může mít vliv i fakt, že sečení favorizuje druhy klíčící na podzim (Kahmen a Poschlod 2008), tudíž pro druh není výhodné vytvářet semena, která by klíčila až v následující sezóně a je lépe, klíčí-li ihned. Snížená tendence k tvorbě semenné banky tudíž nemusí být pouze odpovědí na sukcesní vývoj, ale může být umocňována i reakcí na seč.

Nepodařilo se ale prokázat vztah k hmotnosti semen (a to ani na výběru druhů, ani na celé sadě) ani vztah k počtu semen, které je rostlina schopna vyprodukovat za sezonu (ani ve vztahu na rostlinu, ani na plochu). Tento fakt je překvapivý, protože klasický r-stratég (kterých by mělo být více na mladých loukách), produkuje mnoho drobných (a snadno šířitelných) semen (Huston a Smith 1987). I jiné práce upozorňují na posun ve velikosti semen: Kahmen a Poschlod 2004 ukazují mizení středně velkých semen, Prach et al. 1997 ukazuje pokles velikosti semen. Rozpor mezi touto skutečností a popisem r-stratéga je způsoben částečně tím, že krátkověké plevely, které přežívají na našich polích a tudíž dominují prvním fázím sukcese, vytváří obvykle velká semena, která dobře přetrvávají v semenné bance (Prach 2001, Prach 2003). Tyto druhy ale během sukcese poměrně rychle mizí a na měřítku sta let (použitého mnou) již nemají velký význam. Hospodaření na lukách zároveň podporuje klíčení i menších semen a to jak omezováním nadzemní konkurence, tak vytvářením drobných mezer v porostu – ať už pojezdem techniky, nebo pasením dobytka (Rosentha 2010). I to může být faktor znejasňující odpověď na produkci a velikost semen.

Podobně se nepodařilo prokázat ani žádný ze vztahů pro vybraných 40 druhů, to ani co se týče klíčivosti, ani produkce a váhy semen. Všechny tyto charakteristiky byly již pojednány výše (klíčivost semen je vlastně jen dodatečnou informací k počtu vyprodukovaných semen). Pouze vztah k tvorbě semenné banky, který s jasně ukázal na celém druhovém spektru, byl slabě průkazný již na vybraných čtyřiceti druzích.

K produkci semen má blízký vztah i **kvetení** – i ono vykazuje v mnoha ohledech závislost na sukcesním stádiu luk. Podařilo se nalézt vztah celkové době kvetení a době odkvětu, i když měsíc dozrávání semen výrazný vztah ke stádiu luk neměl. Druhy starších luk kvetou kratší dobu a odkvétají dříve. Nenalezly jsme žádný vztah k počátku kvetení. Kahmen a Poschlod 2004 naopak upozorňují na fakt, že sukcesně pokročilejší druhy začínají kvést později a kvetou měsíc až dva, což znamená krátce. Tuto skutečnost vztahuje k sečení luk a interpretuje ji jako snahu druhů na sečených plochách vytvořit semena dříve, než budou posekána. Jeho práce se zabývá loukami, na kterých bylo upuštěno od seče. Má práce byla prováděna na sečených loukách a i na nich nacházíme postupné zkracování celkové doby květu, a posun konce kvetení do časných měsíců. Tato skutečnost je tedy pravděpodobně skutečně odpovědí na sečení luk, nikoli přímo na stárnutí luk (Louault et al. 2005). Seč zároveň upřednostňuje druhy klíčící na podzim (Kahmen a Poschlod 2008), tudíž pro luční druhy není výhodné odkvést příliš pozdě, kdy by semenáčky již neměly čas se do zimy řádně uchytit.

Významný vztah se ukazuje i pro charakteristiky vypovídající o **konkurenceschopnosti** druhů (délka života, věk, ve kterém druh poprvé kvete a tendence k polykarpii, životaschopnost semenáčků v podmínkách bez konkurence). Tyto výsledky jsou v korespondenci s předchozími studiemi. Druhy mladých luk obecně žijí kratší dobu, rychleji dospívají a jejich semenáčky jsou méně konkurenceschopné (Huston a Smith 1987, Kahmen a Poschlod 2004, McIntyre et al. 1999, Navas et al. 2003, Prach et al. 1997). Přítomnost monokarpie je v mém souboru silně korelována s jednoletými druhy, tudíž i ona jeví vazbu na mladší louky. Zajímavé ale je, že se nám podařilo ukázat prodlužování délky života i na takto hrubém měřítku a s vyloučením dřevin. Většina studií se totiž shoduje, že jednoletek je více v iniciálních stádiích (přibližně do pátého roku) (Prach 2003, Ruprecht 2005) a později se prodlužování věku dožití zdá řízeno dřevinami. Ukazuje se ale, že u bylin platí stejná tendence. Podobnou tendenci k prodlužování délky života u bylin můžeme sledovat také jako přizpůsobení k pastvě (Diaz et al 2001) a tudíž pravděpodobně i seči.

Nepodařilo se naopak prokázat vztah přežívání semenáčků v porostu a reakci na narušení drnu, což může být způsobeno i malým počtem vzešlých druhů (ve výsevu se vyskytlo 22 druhů z nichž pouze dva výrazněji reagovaly na dosev). Nejasný je vztah k produkci biomasy a jejímu rozložení do nadzemí/podzemí. Při kategoriálním vnímání stáří luk se zdá, že rostliny na starých loukách mírně víc investují do nadzemních orgánů (což by odpovídalo i předchozím pracem (např. Huston a Smith 1987). Vztah k lineárnímu stáří ale není průkazný. Jak ale ukazují korelační matice, v zahradním pokusu, ze kterého pochází údaje o produkci biomasy, došlo patrně k silnému ovlivnění vodním stresem (viz kapitola výsledky – které charakteristiky spolu souvisí? – korelační matice) a jeho výsledky je tedy nutné brát se značnou rezervou.

Poslední velkou skupinou charakteristik jsou **Ellenbergovy indikační hodnoty**. Vypovídají o tom, v jakém prostředí druhy rostou (Wamelink et al. 2002) a tudíž nepřímo o změnách prostředí. Přímá měření jsem neprováděla, ale částečně je prováděl Tomáš Procházka (Procházka 2009). Z Ellenbergových indikačních hodnot vykazují vztah ke stáří luk všechny, až na kontinentalitu, soudím ale, že tento vztah je řízen především korelací s vlhkostí (se kterou je korelována jak teplota tak půdní reakce), která má nejvýznamnější vliv. Samostatně tedy můžeme sledovat stoupání vlhkosti luk, klesání obsahu dusíku, respektive celkové úživnosti lokality a klesání náročnosti na světlo.

Pokles náročnosti druhů na světlo je očekávatelný a ve shodě s předchozími studiemi (Huston a Smith 1987, Noble a Habiba 1996). Stejně tak očekávaný je i pokles úživnosti lokality – sukcese v tomto případě začíná na opuštěném poli, které mívá živin mnoho a v pozdějších letech dochází k jejich čerpání do rostlinných těl a odnosu s posečenou biomasou (Paschke et al. 2000).

Hůře interpretovatelné je ale postupné vlhnutí luk, které zaznamenává i Procházka 2009. Jednou možností je, že vlhčí pole byla opouštěna přednostně. Tuto teorii ale nepodporuje ani prostorové rozložení luk, ani mechanismus, kterým byla pole opouštěna (obvykle velkoplošně s odsuny obyvatel (Procházka 2009)). Zdá se tedy, že opuštěná pole opravdu postupně vlhnou. Jednou z možností (ke které se přiklání i Procházka) je postupný kolaps melioračních systémů, které zde byly zavedeny při zúrodňování polí. Jak ukazuje Procházka, je ale půdní vlhkost korelována s vodní kapacitou půdy. Retenční schopnost půdy souvisí též s obsahem organického uhlíku v půdě (Frouz 2010) a množstvím nerozloženého opadu (Rosse et al. 2001). Ten je na polích v silném nedostatku, ale se zarůstáním podíl mrtvé biomasy stoupá a doplňuje tak zásoby uhlíku v půdě i těžko rozložitelný opad (zvláště u společenstev

dominovaných travami s C4 metabolismem, což Středoevropské louky jsou (Knops a Tilman 2000)). Z terénní zkušenosti víme, že i na sečených loukách v této oblasti vzniká až centimetrová vrstva opadu za jedinou sezonu, čímž výrazně stoupá i podíl organického uhlíku v půdě. Staré louky rostou na zrašeliněné půdě. Tento mechanismus může navíc přispívat k zanášení především povrchových melioračních struh a tím vlhnutí louky urychlovat.

Dá se změna druhového složení vysvětlit pouhým vlivem šíření druhů? Dá se ze změn druhového složení usuzovat na nějakou změnu prostředí v průběhu stárnutí luk?

Jak bylo ukázáno v předchozí části, schopnost šíření má sice významný vliv na druhové složení lučních společenstev na bývalých polích, ale významné se ukazují i charakteristiky konkurenceschopnosti druhů. Stoletý časový úsek je totiž dost dlouhý na to, aby společenstva přešla z iniciálních stádií sukcese do pozdějších, kde se výrazněji začíná projevovat konkurence (Navas 2003).

Co se týče změn prostředí, dochází podle předpokladu k ochuzování společenstva o půdní dusík (Paschke et al. 2000). Zároveň ovšem roste vlhkost lokalit a tím zároveň klesá jejich půdní reakce a vhodnost pro teplomilné druhy. Příčiny tohoto jevu byly podrobněji pojednány v předchozí kapitole o vazbě stáří luk a Ellenbergových indikačních hodnot. Jak ukazuje souhrnný ideální model, tyto změny prostředí jsou dokonce důležitější, než přímé vlastnosti druhů: model s nejvyšší výpovědní hodnotou zahrnuje 3 z Ellenbergových indikačních hodnot (pro vlhkost, půdní dusík a světlo) a pouze dvě přímé charakteristiky druhu (schopnost semen přežívat do další sezony a doba dospívání druhů). Zdá se tedy, že změny druhového složení nejsou řízeny pouze mezidruhovou konkurencí, ale i změnami abiotických podmínek (Řehounková a Prach 2006, Chýlova a Münzbergová 2008).

IX. Závěr

Je nepochybné, že druhové složení vlhkých luk ve Slavkovském lese se mění s tím, jak jsou louky staré. Stáří se ukázalo nejlepší vysvětlující proměnnou druhového složení, ač byla testována i prostorová struktura, nadmořská výška a geologické podloží snímku.

Jak ukazuje souhrnný model, druhové změny během stárnutí luk nejlépe vysvětluje kombinace postupného vlnutí luk, ubývání dostupných živin v půdě, klesající tendence druhů k tvorbě semen schopných v půdě přežít do další sezony a zároveň jejich klesající náročnost na světlo a pozdější doba dospívání druhů. Z těchto pěti faktorů tři vypovídají přímo o změně abiotických podmínek, pouze dva jsou vlastnostmi druhů. Všechny (až na půdní vlhkost) pak vypovídají o stoupající míře konkurence, zvláště v ranných fázích vývoje jedince (Walker et al. 1987, Noble a Habiba 1996).

Méně důležité, ale stále s průkazným vlivem na druhové složení jsou tyto faktory: stoupající délka života během stárnutí luk a s ním související tendence k polykarpii a snižující se schopnost šířit se na velké vzdálenosti. Do výpočtu souhrnného modelu jsme navíc nemohli pro malý počet prozkoumaných druhů zařadit rostoucí životaschopnost semenáčků a poměrně vyšší investice do nadzemní biomasy u druhů ze starých luk. U těchto dvou faktorů tedy neznáme jejich poměrnou důležitost.

Louky jsou navíc silně ovlivněny kontinuální sečí, na kterou pravděpodobně odpovídají tyto faktory: výška rostliny – která během sukcese obvykle roste a zde nevykazuje žádný vztah (je potlačována sečí) (Lehsten a Kleyer 2007, Louault et al. 2005), rozložení listů na stonku a vzpřímenost stonku – kde během sukcese začínají převažovat rovnoměrně olistěné, vzpřímené druhy nad rozetovými a poléhavými a zde opět nejvíce žádnou závislost (seč preferuje druhy s maximem biomasy blízko nad zemí) (Diaz et al. 2001, Louault et al. 2005) a zkracování doby, po kterou druh kvete a dřívejší ukončení kvetení.

Nepodařilo se prokázat žádný vztah mezi stářím luk a velikostí semen, jejich produkcí, klíčivostí a rychlostí klíčení. Podobně nebyl nalezen ani vztah mezi stárnutím luk a schopností druhů se rozmnožovat vegetativně ani počtem vegetativních potomků za sezonu či vzdáleností, do které jsou schopni se dostat.

V souhrnu tedy víme, že louky ve Slavkovském lese se během stárnutí stávají vlhčími a zároveň na nich stoupá selekční tlak seče a mezidruhové konkurence.

X. Literatura

- Austrheim G., Gunilla E., Olsson A., Grontvedt E. (1999):
Land-use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of
Budalen, central Norway
Biological Conservation 87 (1999) 369-379
- Begon M., Harper J.H., Townsened C.R. (1997):
Ekologie: jedinci, populace a společenstva
Vydavatelství University Palackého v Olomouci.
- Compton J.E., Hooker T.D., Perakis S.S. (2007):
Ecosystem N distribution and $\delta^{15}\text{N}$ during a century of forest regrowth after
agricultural abandonment
Ecosystems, 10: 1197–1208
- Díaz S. (2001):
Complex interactions between plant diversity, succession and
elevated CO_2
TRENDS in Ecology & Evolution Vol.16 No.12 December 2001
- Diaz S., Noy-Meir I., Cabido M. (2001):
Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits?
Journal of Applied Ecology, Vol. 38, No. 3 (Jun., 2001), pp. 497-508
- Diemer M., Oetiker K., Billeter R. (2001):
Abandonment alters community composition and canopy structure of Swiss calcareous
fens
Applied Vegetation Science, Vol. 4, No. 2 (Dec., 2001), pp. 237-246
- Frelich L. E., Reich P. B. (1995):
Spatial patterns and succession in a Minnesota southern-boreal forest
Ecological Monographs, Vol. 65, No. 3 (Aug., 1995), pp. 325-346
- Freitas S. R., Hawbaker T. J., Metzger J. P. (2010):
Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian
Atlantic Forest
Forest Ecology and Management 259 (2010) 410–417
- Frouz J. (2010):
Ekologie půdy – přednáška pro Přírodovědeckou fakultu University Karlovy v Praze,
školní rok 2009/2010
- Guggenberger G., Zech W. (1999):
Soil organic matter composition under primary forest, pasture, and secondary forest
succession, Regio Ân Huetar Norte, Costa Rica
Forest Ecology and Management 124 (1999) 93-104
- Hájek M., Hájková P., Sopotlieva D., Apostolova I., Velez N. (2008):
The Balkan wet grassland vegetation: a prerequisite to better understanding of
European habitat diversity
Plant Ecol (2008) 195:197–213
- Handlová V., Münzbergová Z. (2006):
Seed banks od manadeg and degraded grasslands in the Krkonose Mts., Czech
Republic
Folia Geobotanica 41: 275-288, 2006
- Honnay O., Hermy M., Coppin P. (1999):
Impact of habitat quality on forest plant species colonization

- Forest Ecology and Management 115 (1999) 157-170
- Huston M., Smith T. (1987):
Plant succession: Life history and competition
The American Naturalist, Vol. 130, No. 2 (Aug., 1987), pp. 168-198
- Chýlová T., Münzbergová Z. (2008):
Past land use co-determines the present distribution of dry grassland plant species
Preslia 80: 183–198, 2008
- Chytrý M., Sedláková I., Tichý L. (2001):
Richness and species turnover in a successional heathland
Applied Vegetation Science, Vol. 4, No. 1 (Jun., 2001), pp. 89-96
- McIntyre S., Lavorel S., Landsberg J., Forbes T. D. A. (1999):
Disturbance response in vegetation: Towards a global perspective on functional traits
Journal of Vegetation Science, Vol. 10, No. 5 (Oct., 1999), pp. 621-630
- Kahmen, S., Poschlod, P. (2004):
Plant functional trait responses to grassland succession over 25 years
Journal of Vegetation Science 15: 21-32, 2004
- Kahmen S., Poschlod P., Schreiber K-F. (2002):
Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years
Biological Conservation 104 (2002) 319–328
- Kahmen S., Poschlod P. (2008):
Does germination success differ with respect to seed mass and germination season?
Experimental testing of plant functional trait responses to grassland management
Annals of Botany 101: 541–548, 2008
- Kleyer M. (1999):
Distribution of plant functional types along gradients of disturbance intensity and resource supply in an agricultural landscape
Journal of Vegetation Science, Vol. 10, No. 5 (Oct., 1999), pp. 697-708
- Kleyer M., Bekker R.M., Knevel I.C., Bakker J.P., Thompson K., Sonnenschein M., Poschlod P., Van Groenendael J.M., Klimeš L., Klimešová J., Klotz S., Rusch G.M., Hermy M., Adrianes D., Boedeltje G., Bossuyt B., Dannemann A., Engels P., Götzenberger L., Hodgson J.G., Jackel A-K., Kühn I., Kunzmann D., Ozinga W.A., Rösenmann C., Stadler M., Schlegelmilch J., Steendam H.J., Tackenberg O., Wilmann B., Cornelissen J. H. C., Eriksson O., Garnier E., Peco B. (2008):
The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora.
Journal of Ecology 96: 1266-1274.
- Knevel I.C., Bekker R.M., Kunzmann D., Stadler M., Thompson K., (eds.) (2005):
The LEDA traitbase: Collecting and measuring standards
Ledatraitbase project
- Klimešová J., Klimeš L. (2011):
Clo-Pla3 – database of clonal growth of plants from Central Europe.
<http://clopla.butbn.cas.cz/> (v aktualizaci k červnu 2011)
- Klimešová J., Latzel V., de Bello F., van Groenendael J. M. (2008):
Plant functional traits in studies of vegetation changes in response to grazing and mowing: towards a use of more specific traits
Preslia 80: 245–253, 2008
- Klub Českých turistů (2009):
Turistická mapa KČT č.2 – Slavkovský Les a Mariánské lázně
Edice klubu českých turistů, 5. vydání
- Knops J. M. H., Tilman D. (2000):

- Dynamics of soil nitrogen and carbon accumulation for 61 years after agricultural abandonment
Ecology, Vol. 81, No. 1 (Jan., 2000), pp. 88-98
- Köhler B., Ryser P., Güsewell S., Gigon A. (2001):
Nutrient availability and limitation in traditionally mown and in abandoned limestone grasslands: a bioassay experiment
Plant and Soil 230: 323–332, 2001.
- Kondolf G. M., Piégay H. Landon N. (2007):
Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830
Landscape Ecol (2007) 22:367–384
- Konvička M., Beneš J., Čížek L. (2005):
Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management
Saggitaria, Praha
- Kozak J. (2003):
Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years
Mountain Research and Development, 23(4):369-375. 2003.
- Kubát K. (ed) (2010):
Klíč ke květeně České Republiky
Academia, Praha
- Lehsten V., Kleyer M. (2007):
Turnover of plant trait hierarchies in simulated community assembly in response to fertility and disturbance
ecological modelling 203 (2007) 270–278
- Lévesque M., McLaren K. P., McDonald M. A. (2011):
Recovery and dynamics of a primary tropical dry forest in Jamaica, 10 years after human disturbance
Forest Ecology and Management 262 (2011) 817–826
- Louault F., Pillar V. D., Aufrère J., Garnier E., Soussana J-F. (2005):
Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a seminatural grassland
Journal of Vegetation Science, 16(2):151-160. 2005.
- DeLuca T.H., Zackrisson O., Gentili F., Sellstedt A., Nilsson M.C. (2007):
Ecosystem controls on nitrogen fixation in boreal feather moss communities
Oecologia, 152: 121–130
- Mwampamba T. H., Schwartz M. W. (2011):
The effects of cultivation history on forest recovery in fallows in the Eastern Arc Mountain, Tanzania
Forest Ecology and Management 261 (2011) 1042–1052
- Navas M. L., Ducout B., Roumet C., Richarte J., Joël (2003):
Leaf life span, dynamics and construction cost of species from Mediterranean old-fields differing in successional status
New Phytologist, Vol. 159, No. 1, Special Issue: Functional Genomics of Plant-Pathogen Interactions (Jul., 2003), pp. 213-228
- Noble I. R., Gitay H. (1996):
A functional classification for predicting the dynamics of landscapes
Journal of Vegetation Science, Vol. 7, No. 3 (Jun., 1996), pp. 329-336
- Paschke, M.W., McLendon T., Redente E. F. (2000):
Nitrogen availability and old-field succession in a shortgrass steppe
Ecosystems (2000) 3: 144–158
- Pierce A.R., Bromer W.R., Rabenold K.N. (2008):

- Decline of *Cornus florida* and forest succession in a *Quercus*–*Carya* forest
Plant Ecol, 195: 45–53
- Prach K., Pyšek P., Bastl M. (2001):
 Spontaneous vegetation succession in human disturbed habitats: A pattern across seres
Applied Vegetation Science, 4: 83–88
- Prach K., Pyšek P., Šmilauer P. (1997):
 Changes in species traits during succession: A search for pattern
Oikos, Vol. 79, No. 1 (May, 1997), pp. 201–205
- Prach K. (2003):
 Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: What information can be used in restoration practice?
Applied Vegetation Science, 6(2):125–129. 2003.
- Prach K., Řehouňková K. (2006):
 Vegetation succession over broad geographical scales: which factors determine the patterns?
Preslia 78: 469–480, 2006
- Van der Putten W.H., Mortimer S.R., Hedlund K., Van Dijk C., Brown V.K., Lepš J., Rodríguez-Barrueco C., Roy J., Diaz T.A., Gormsen L.D., Korthals G.W., Lavorel S., Santa Regina I., Šmilauer P. (2000):
 Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach
Oecologia (2000) 124:91–99
- Procházka T. (2009):
 Diplomová práce: Faktory určující druhovou diversitu a druhové složení bývalých polí ve Slavkovském lese
 Universita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra botaniky
- Read L., Lawrence D. (2003):
 Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forests of the Yucatan: regional and seasonal effects
Ecosystems (2003) 6: 747–761
- Reiné R., Chocarro C., Fillat F. (2006):
 Spatial patterns in seed bank and vegetation of semi-natural mountain meadows
Plant Ecology (2006) 186:151–160
- Risch A. C., Schütz M., Krüsi B.O., Kienast F., Wildi O., Bugmann H. (2004):
 Detecting successional changes in long-term empirical data from subalpine conifer forests
Plant Ecology 172: 95–105, 2004
- Rosenthal G. (2010):
 Secondary succession in a fallow central European wet grassland
Flora 205 (2010) 153–160
- Rosset M., Montani M., Tanner M., Fuhrer J. (2001):
 Effects of abandonment on the energy balance and evapotranspiration of wet subalpine grassland
Agriculture, Ecosystems and Environment 86 (2001) 277–286
- Ruprecht E. (2005):
 Secondary succession in old-fields in the Transylvanian Lowland (Romania)
Preslia, Praha, 77: 145–157,
- Řehouňková, K., Prach, K. (2006):
 Spontaneous vegetation succession in disused gravel-sand pits: Role of local site and landscape factors

- Journal of Vegetation Science 17: 583-590, 2006
- Smith N.J.C., Zahid D.M., Ashwath N., Midmore D.J. (2008):
Seed ecology and successional status of 27 tropical rainforest cabinet timber species from Queensland
Forest Ecology and Management, 256: 1031–1038
- Stephenson K. E. (2011):
Distribution of grasslands in 19th century Florida
The American Midland Naturalist, 165(1):50-59. 2011.
- Swetnam R. D. (2007):
Rural land use in England and Wales between 1930 and 1998: Mapping trajectories of change with a high resolution spatio-temporal dataset
Landscape and Urban Planning 81 (2007) 91–103
- Thompson K., Bakker J. P., Bekker R. M., Hodgson J. G. (1998):
Ecological correlates of seed persistence in soil in the North-West European flora
Journal of Ecology, Vol. 86, No. 1 (Feb., 1998), pp. 163-169
- Tsuyuzaki S., Kanda F. (1996):
Revegetation patterns and seedbank structure on abandoned pastures in Northern Japan
American Journal of Botany, Vol. 83, No. 11: 1422–1428
- Vittoz P., Engler R. (2007):
Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits
Bot.Helv., 117: 109–124
- Walker L. R., Chapin F. S. (1987):
Interactions among Processes Controlling Successional Change
Oikos, Vol. 50, No. 1 (Sep., 1987), pp. 131-135
- Wamelink G. W. W., Joosten V., van Dobben H. F., Berendse F. (2002):
Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements
Journal of Vegetation Science, 13(2):269-278. 2002.
- Wangpakapattana Wong P., Kavinchan N., Vaidhayakarn Ch., Schmidt-Vogt D., Elliott S. (2010):
Fallow to forest: Applying indigenous and scientific knowledge of swidden cultivation to tropical forest restoration
Forest Ecology and Management 260 (2010) 1399–1406
- Wellstein C., Kuss P. (2011):
Diversity and frequency of clonal traits along natural and land-use gradients in grasslands of the Swiss Alps
Folia Geobot (2011) 46:255–270
- Zomeni M., Tzanopoulos J., Pantis J. D. (2008):
Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas
Landscape and Urban Planning 86 (2008) 38–46

Webové adresy

- Web – geology: <http://www.geology.cz/extranet> (aktualizace k červnu 2011)
- Web – indikátory: <http://www.daphne.cz/indikacezivin/metodika.shtml> (aktualizace k červenci 2011)
- Web – Juice: <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/> (aktualizace k červnu 2011)
- Web – Klášter Teplá: http://www.klastertepla.cz/cz_index.html (aktualizace k srpnu 2011)

Web – meteorologický atlas: <http://old.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html> (aktualizace k srpnu 2011)

Web – Ovesné Kladruby: <http://www.ovesnekladruby.cz/old/historie.htm> (aktualizace k srpnu 2011)

Sekundární citace:

Doležal in Procházka 2009:

Doležal J., Šmilauerová M., Lepš J. (2006):

Obnova druhově bohatých společenstev na opuštěných polích – evropské projekty CLUE a TLinks

Zprávy České Botanické Společnosti, 41(21): 199–207

Krahulec in Procházka 2009:

Krahulec F. (2006): In: Jongepierová I., Poková H.[eds.] (2006):

Obnova travních porostů regionální směsí
ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Lužnicí

Chytrý 2001 in Procházka 2009:

Chytrý M., Kučera T., Kočí M. [eds.] (2001):

Katalog biotopů České republiky
AOPK ČR

XI.Přílohy

1. Příloha 1

Seznamy druhů pro jednotlivé pokusy (zakřížkovány jsou použité druhy.)

	prům. váha v 0.0001g	klíčivost v roce 0	semenná banka	Semenná banka – kov. sítky	měsíc dozrá- vání	Bio- masa	Zahrad- ní výsev	Terén- ní výsev	Produk- tivita semen
Aegopodium podagraria					x				x
Alchemilla milefolium	x				x			x	
Alopecurus pratensis	x	x	x		x	x	x	x	x
Angelica sylvestris	x	x	x	x	x		x	x	x
Anthriscus sylvestris	x	x	x	x	x		x	x	x
Carex panicea	x	x	x		x		x	x	x
Carex vesicaria	x	x	x		x		x	x	x
Centaurea jacea	x	x	x		x			x	x
Cirsium arvense	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Crepis bienis	x	x	x		x	x	x	x	x
Dactylis glomerata	x	x	x		x	x	x	x	x
Deschampsia cespitosa	x	x	x		x	x	x	x	x
Epilobium angustifolium	x	x	x	x	x	x		x	x
Filipendula ulmaria	x	x	x		x	x	x	x	x
Galium album	x	x	x		x	x	x	x	x
Galeopsis – tetrahit	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Geum rivale	x	x	x		x	x	x	x	x
Geum urbanum	x	x	x		x	x	x	x	x
Heracleum sphongilifolium	x	x	x		x			x	x
Holcus lanatus	x	x	x		x				
Leontodon autumnalis	x	x	x		x	x	x	x	x
Leucanthemum ircutum	x	x	x		x	x	x	x	x
Lotus corniculatus	x	x	x		x	x	x	x	x
Luzula campestris	x	x	x		x			x	x

Matricaria discoidea	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Persicaria maculosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Phleum pratense	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pimpinella major	X	X	X		X			X	X
Plantago major	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ranunculus acris	X	X	X		X		X	X	X
Rumex acetosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rumex acetosella	X	X	X		X	X	X	X	X
Rumex crispus	X	X	X		X	X	X	X	X
Senecio ovatus	X	X	X	X	X			X	X
Succisa pratensis	X	X	X		X			X	X
Taraxacum sec ruderalia	X	X	X		X	X	X	X	
Trifolium hybridum	X	X	X		X	X	X	X	X
Trifolium repens	X	X	X		X	X	X	X	X
Urtica dioica	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Valeriana dioica	X	X	X		X			X	
Vicia cracca	X	X	X		X	X	X	X	X
Viola arvensis	X	X	X		X	X	X	X	X

2. Příloha 2

Pořadí druhů na osách stáří (výsledky CCA analýzy vztahu druhového složení a stáří luk, první sloupec uvádí váhu druhů v těchto analýzách). Druhy jsou řazeny podle polohy na ose lineárně vnímaného stáří od těch, které preferují nejmladší louky.

druh	váha	lineární	Katego- riální
Matricaria discoidea	0.069	-1.7703	-1.3325
Agrostis gigantea	0.144	-1.2181	-1.0123
Rumex acetosa	0.146	-1.0935	-0.8685
Salix sp. juv.	1	-0.9607	0.0379
Leontodon autumnalis	0.198	-0.8721	-0.5361
Carex vesicaria	0.244	-0.8694	-0.528
Vicia sepium	0.11	-0.8238	-0.6442
Linaria vulgaris	0.152	-0.7146	-0.2485
Capsella bursa- pastoris	0.84	-0.6732	-0.2028
Lamium album	0.202	-0.6648	-0.5192
Vicia hirsuta	0.147	-0.6555	-0.3335
Crepis biennis	0.135	-0.6056	-0.2447
Artemisia vulgaris	0.062	-0.5905	-0.2424
Euphorbia helioscopia	0.324	-0.5778	-0.0472
Holcus mollis	0.495	-0.5623	-0.4587
Geranium pusillum	0.135	-0.5513	-0.2517
Tripleurospermum inodorum	0.977	-0.5408	-0.2692
Lolium perenne	0.65	-0.5124	-0.0806
Cirsium vulgare	0.661	-0.5118	-0.197
Epilobium angustifolium	0.827	-0.4998	-0.2316
Fragaria vesca	0.563	-0.4989	0.0223
Tussilago farfara	0.46	-0.4886	-0.1076
Hieracium caespitosum	0.272	-0.4689	-0.2472
Hypochaeris radicata	0.794	-0.4506	-0.2922
Tanacetum vulgare	0.53	-0.4273	-0.3158
Rumex obtusifolius	0.093	-0.4179	-0.245
Festuca arundinacea	0.495	-0.4026	-0.2666
Lysimachia vulgaris	0.651	-0.389	-0.3583
Equisetum arvense	0.191	-0.3864	-0.3477
Veronica arvensis	0.284	-0.3857	-0.2532
Phleum pratense	1	-0.3739	-0.2676
Gnaphalium sylvaticum	1	-0.3519	-0.5408
Glyceria fluitans	0.503	-0.3229	-0.5212
Vicia tertrasperma	0.216	-0.3221	-0.1033
Dactylis glomerata	0.3	-0.3198	-0.2765

Epilobium tetragonum	1	-0.3172	-0.3251
Pimpinella major	1	-0.3167	-0.9749
Trifolium repens	0.157	-0.312	-0.1989
Tragopogon pratensis	0.551	-0.292	-0.2548
Taraxacum sect.Ruderalia	1	-0.2862	-0.1786
Anthriscus sylvestris	1	-0.2815	-0.3216
Myosotis palustris	0.283	-0.2757	-0.1129
Trifolium hybridum	1	-0.2757	-0.1457
Galeopsis bifida	1	-0.273	-0.3909
Cerastium holosteoides	0.157	-0.2655	-0.2062
Trifolium pratense	0.267	-0.2623	-0.1456
Glechoma hederacea	1	-0.2612	-0.3607
Trifolium dubium	1	-0.2609	-0.1509
Trisetum flavescens	1	-0.2608	-0.2037
Elytrigia repens	0.981	-0.2524	-0.3285
Lolium x multiflorum	1	-0.2508	-0.4156
Arrhenatherum elatius	1	-0.2436	-0.2532
Prunella vulgaris	0.497	-0.2417	-0.1181
Myosotis nemorosa	0.538	-0.2416	-0.5106
Potentilla anserina	1	-0.2375	-0.2913
Galium palustre	0.271	-0.2342	-0.0002
Arctium tomentosum	1	-0.2304	-0.0889
Cirsium arvense	0.133	-0.2131	-0.1735
Poa pratensis	0.081	-0.2013	-0.2038
Poa trivialis	0.523	-0.2006	-0.2514
Sonchus arvensis	0.262	-0.1761	-0.0951
Symphytum officinale	1	-0.1593	-0.0202
Veronica officinalis	0.163	-0.1562	-0.1613
Viola arvensis	0.533	-0.1485	-0.1183
Festuca pratensis	0.779	-0.1262	-0.1712
Avenella flexuosa	1	-0.122	-0.0458
Vicia cracca	0.817	-0.1089	-0.1838
Alnus glutinosa juv.	1	-0.0968	-0.2376
Persicaria amphibia	0.13	-0.0946	-0.3756
Persicaria maculosa	0.414	-0.0778	-0.8319
Ranunculus repens	1	-0.076	-0.1304
Rumex acetosella	0.326	-0.063	-0.1421
Carex ovata	0.896	-0.0457	-0.2039

Stellaria graminea	0.272	-0.043	-0.1636
Plantago lanceolata	1	-0.0385	-0.3472
Veronica chamaedris	0.11	-0.0328	-0.2005
Alchemilla aff. vulgaris	0.185	-0.0263	-0.2389
Plantago major	0.075	-0.0254	-0.2161
Carex flava	1	-0.016	-0.0148
Rumex crispus	0.529	-0.0113	-0.0573
Vicia sativa agg.	0.202	-0.0051	-0.0274
Lotus corniculatus	1	0.0045	-0.2083
Agrostis capillaris	0.943	0.0085	-0.1328
Leucanthemum ircutianum	0.332	0.0094	-0.2123
Campanula patula	0.86	0.0265	-0.3004
Festuca rubra	0.081	0.0315	-0.0273
Stachys palustris	0.138	0.0347	0.1703
Holcus lanatus	1	0.0638	-0.0943
Juncus conglomeratus	0.33	0.0698	-0.0946
Ranunculus acris	0.121	0.0739	-0.0391
Avenula pubescens	1	0.0849	-0.3405
Luzula campestris	0.137	0.085	-0.251
Carex pallescens	1	0.0866	-0.3838
Urtica dioica	0.166	0.096	-0.1566
Achillea millefolium	0.621	0.0964	-0.1745
Anthoxanthum odoratum	0.211	0.0996	-0.2112
Rhinanthus minor	0.364	0.101	-0.7862
Hypericum maculatum	0.091	0.1069	-0.18
Trifolium medium	0.264	0.107	-0.1182
Lychnis flos-cuculi	1	0.1206	-0.128
Heracleum sphondylium	0.272	0.1223	-0.1685
Cynosurus cristatus	0.491	0.1365	-0.9088
Veronica serpyllifolia	0.142	0.1407	0.0986
Scrophularia nodosa	0.415	0.1454	-0.7258
Stellaria alsine	0.619	0.1522	0.4318
Knautia arvensis	0.241	0.1751	-0.3417
Lathyrus pratensis	0.684	0.1794	-0.0431
Senecio ovatus	0.237	0.1794	-0.1298
Ajuga reptans	0.227	0.1989	0.2548
Ranunculus flammula	1	0.1996	-0.4432
Sanguisorba officinalis	1	0.2451	-0.3829
Chaerophyllum aureum	0.199	0.2667	0.3928
Epilobium ciliatum	0.128	0.2822	0.6627
Crepis mollis	0.756	0.3084	-0.4039

Astragalus glycyphyllos	0.1	0.3113	0.4478
Cirsium palustre	0.09	0.3217	0.2887
Deschampsia caespitosa	0.393	0.3382	0.3514
Ranunculus auricomus	0.207	0.3553	0.287
Galeopsis x tetrahit	0.293	0.3902	-0.0949
Aegopodium podagraria	1	0.396	-0.1504
Trifolium spadiceum	0.447	0.402	-0.1968
Filipendula ulmaria	0.633	0.4307	0.7428
Gallium album	0.612	0.4644	0.7605
Geum urbanum	0.77	0.4688	0.5103
Heracleum mantegazzianum	0.247	0.4704	0.136
Equisetum fluviatile	0.365	0.484	0.6128
Juncus articulatus	1	0.4855	0.4732
Juncus effusus	0.771	0.4872	0.4238
Angelica sylvestris	0.433	0.5022	0.6544
Agrostis stolonifera	0.731	0.5254	0.1368
Cirsium heterophyllum	0.057	0.5282	0.763
Campanula rotundifolia	1	0.5388	1.1758
Briza media	1	0.5448	0.703
Centaurea jacea	1	0.5533	1.1517
Bistorta major	1	0.5665	0.5875
Carex leporina	0.615	0.6017	0.7119
Cirsium oleraceum	1	0.6078	0.9636
Viola canina	0.129	0.6207	0.0908
Carex pilulifera	0.27	0.6487	0.3585
Gallium uliginosum	0.223	0.6747	0.7493
Galium saxatile	1	0.7872	0.9104
Carex rostrata	0.472	0.8066	1.099
Carex nigra	1	0.8081	1.2375
Luzula multiflora	0.524	0.8186	1.0893
Chaerophyllum hirsutum	0.755	0.8396	1.1081
Equisetum palustre	0.725	0.8982	1.1982
Menyanthes trifoliata	1	0.8982	1.0789
Dactylorhiza majalis	0.245	0.9518	0.9252
Carex panicea	0.115	0.9692	1.0488
Phalaris arundinacea	0.581	0.9745	1.2079
Carex pulicaris	0.129	1.0004	1.353
Alopecurus pratensis	1	1.023	1.8561
Nardus stricta	0.495	1.0375	1.524
Caltha palustris	1	1.0438	1.4047
Juncus filiformis	0.283	1.0877	0.6362
Gallium aparine	0.278	1.1001	1.3409
Agrostis canina	0.864	1.1188	1.2853

Geum rivale	0.653	1.1501	1.4623
Festuca ovina	0.215	1.1908	1.7224
Crepis paludosa	0.14	1.1954	1.637
Myosotis arvensis	0.138	1.2103	1.6329
Epilobium palustre	0.403	1.2447	1.5789
Carex umbrosa	0.23	1.2574	1.7778
Rumex aquaticus	0.613	1.2956	1.6666
Viola palustris	0.11	1.3372	1.2623
Cardamine pratensis	1	1.3454	1.9757
Potentilla erecta	0.081	1.3454	1.6532
Carex echinata	0.459	1.3741	1.7076
Danthonia procumbens	1	1.399	2.0914
Valeriana dioica	0.087	1.4746	1.9554
Scutellaria galericulata	0.172	1.51	1.3062
Succisa pratensis	0.322	1.5573	2.1128
Scirpus sylvaticus	0.107	1.6596	1.5713
Picea abies juv.	1	1.7149	2.5057
Lotus uliginosus	1	1.7614	2.75
Mentha arvensis	1	1.8147	2.4494
Carex hirta	0.352	1.8162	2.5235
Eriophorum angustifolium	0.272	1.8214	2.0086
Tephrosia crispa	0.878	2.0441	2.6328
Salix rosmarinifolia	1	2.0836	2.9969
Potentilla palustris	0.72	2.096	2.3492
Betula pendula juv.	0.152	2.5979	3.3247
Equisetum sylvaticum	0.414	2.8626	3.3889

3. Příloha 3

Korelační koeficienty pro údaje z databázi

Červeně značeny koeficienty, které jsou průkazné ($p < 0,05$) modře na hranici průkaznosti ($0,10 > p > 0,05$)

Zkratky po řadě znamenají: zk – začátek kvetení, kk – konec kvetení, dk- celková doba kvetení, vys – výška rostliny v květu, dz – délka života ramety, cel – čeleď (zde po převodu na čísla nemá smysl kladnost/zápornost koeficientu), mon – monokarpie/polykarpie, vah – váha semen, vlis – výška vegetativních orgánů rostliny, sir – vzdálenost, na kterou se druh šíří semeny, rpk – věk, ve kterém druh poprvé kvete, lis – distribuce listů na stonku (rozeta =1, rovnoměrně olistění =3), ston – vzpřímenost stonku, s/r – počet semen produkovaný jednou rametou za rok, ban – semenná banka, Tban – semenná banka podle Thompsona, rep – schopnost klonálního rozmnožování, pveg – počet vegetativních potomků za rok, vveg – vzdálenost, do které se vegetativní potomek dostane od mateřského organismu, L,T, K, F, R, N – Ellenbergovy hodnoty pro světlo, teplo, kontinentalitu, vlhkost, půdní reakci a dostupnost dusíku v půdě.

	zk	kk	dk	vys	dz	cel	mon	vah	vlis	sir	rpk	lis	ston	s/r	ban	Tban	rep	pveg	vveg	L	T	K	F	R
kk	0.51																							
dk	-0.17	0.76																						
vys	0.39	0.23	-0.03																					
Dz	-0.09	-0.16	-0.12	-0.14																				
cel	-0.18	-0.05	0.08	-0.31	0.06																			
mon	-0.11	-0.39	-0.37	-0.14	0.57	0.03																		
vah	-0.01	0.12	0.15	0.22	-0.03	-0.11	-0.27																	
vlis	0.23	0.15	0.01	0.77	0.07	-0.09	0.06	0.09																
sir	0.17	0.16	0.06	0.10	-0.31	-0.16	-0.24	0.04	0.15															
rpk	0.03	-0.20	-0.25	0.21	0.29	-0.16	0.11	0.06	0.19	-0.10														
lis	-0.25	-0.26	-0.11	-0.07	0.11	-0.09	-0.05	-0.02	-0.06	0.05	0.13													
ston	-0.07	0.02	0.08	0.23	-0.09	-0.07	-0.15	0.46	0.12	-0.12	0.04	0.03												
s/r	0.19	0.04	-0.11	0.13	0.08	0.10	0.09	-0.10	0.08	0.01	0.02	-0.03	0.02											
ban	0.01	0.20	0.22	-0.06	-0.01	0.16	-0.09	-0.09	-0.07	0.15	-0.13	-0.12	-0.09	0.12										
Tban	0.01	0.13	0.14	-0.18	-0.03	0.30	-0.04	-0.20	-0.06	0.18	-0.15	-0.08	-0.20	0.26	0.58									
rep	0.01	-0.27	-0.32	-0.23	0.38	-0.05	0.49	-0.27	-0.24	-0.12	0.12	0.15	-0.30	-0.09	-0.11	-0.08								
pveg	0.09	-0.10	-0.19	0.07	0.11	-0.13	0.23	-0.11	0.18	0.05	0.20	0.00	-0.09	0.04	0.15	0.15	0.31							
vveg	0.08	0.07	0.03	0.11	0.09	-0.05	0.14	-0.02	0.17	0.04	0.13	-0.16	-0.02	-0.03	0.08	0.00	0.14	0.47						
L	0.17	0.07	-0.04	0.13	-0.09	-0.06	-0.03	0.03	0.13	0.14	0.07	0.12	0.00	0.14	-0.08	-0.05	-0.04	0.12	0.09					
T	0.00	0.25	0.28	0.00	-0.23	0.06	-0.23	0.10	-0.02	0.11	-0.14	-0.08	0.03	0.04	0.13	-0.06	-0.25	-0.08	-0.03	0.06				
K	0.23	0.12	-0.03	0.23	-0.07	-0.08	-0.10	0.24	0.11	0.16	0.15	-0.13	0.10	-0.07	-0.18	-0.17	-0.09	-0.06	0.04	0.06	-0.01			
F	0.00	-0.23	-0.27	0.10	0.27	0.08	0.26	-0.16	0.06	-0.27	0.33	-0.02	-0.09	0.05	-0.13	-0.09	0.14	0.11	0.04	0.14	-0.37	0.05		
R	0.16	0.23	0.16	0.35	-0.22	-0.29	-0.17	0.28	0.38	0.09	-0.14	-0.15	0.07	-0.16	-0.16	-0.18	-0.01	0.08	0.18	0.01	0.35	0.18	-0.20	
N	0.15	0.26	0.18	0.43	-0.19	-0.26	-0.26	0.27	0.35	0.17	-0.19	-0.04	0.17	-0.02	0.10	0.07	-0.14	0.00	0.11	-0.09	0.19	0.24	-0.27	0.67

Korelační koeficienty pro vlastní charakteristiky

Červeně značeny koeficienty, které jsou průkazné ($p < 0,05$) modře na hranici průkaznosti ($0,10 > p > 0,05$)

Zkratky po řadě znamenají:

hmot – hmotnost semen,

vnar – počet rostlin na oseté narušené ploše lomený počtem na neoseté narušené ploše,

vynech – na nenarušených plochách neosetá/osetá,

narv – na narušené oseté /neoseté ploše,

nark –na pouze narušené ploše (neoseté)/na narušené oseté,

součet – počet rostlin vzešlých v zahradním pokusu,

nasem – počet rostlin vzešlých v zahradním pokusu lomený počtem dodaných semen,

listy – celková nadzemní biomasa,

kořeny – podzemní biomasa,

bioma – množství biomasy vyprodukované druhem v zahradním pokusu,

nad.pod – poměr nadzemní a podzemní biomasy v zahradním pokusu,

trs – tendence k tvorbě trsů,

mes – měsíc, ve kterém dozrávají semena,

0cel, 1cel, 2cel – procento klíčivých čerstvých semen (respektive v prvním a druhém roce zakopání),

03t, 13t, 23t, 06t, 16t, 26t – procenta semen vyklíčených do prvních tří, respektive šesti týdnů z celkového počtu vyklíčených v příslušném roce,

0/1cel, 0/2cel – mezisezónní pokles klíčivosti semen (počet klíčivých čerstvých semen lomený počtem semen klíčích v prvním (respektive druhém) roce v zemi),

0/13t, 0/23t, 0/16t, 0/26t – pokles rychlosti klíčení,

počet – počet semen vyprodukovaných porostem za sezonu,

kilo – hmotnost semen vyprodukovaných porostem za sezonu

(tabulka vyžaduje celou stranu, proto je na následující stránce)

	vnar	vynech	narv	nark	součet	nasem	listy	koreny	bioma	nad.pod	trs	mes	0cel	03t	06t	1cel	13t	16t	2cel	23t	26t	0/1cel	0/2cel	0/13t	0/23t	0/16t	0/26t	počet	kilo
hmot	0.32	0.31	0.34	0.39	-0.24	0.05	-0.19	-0.07	-0.10	0.19	0.22	0.20	-0.30	0.08	-0.65	-0.05	0.24	0.02	-0.22	-0.20	-0.11	0.19	0.14	-0.04	0.18	-0.38	-0.46	-0.23	0.01
Vnar		0.90	0.94	0.84	-0.02	0.09	-0.03	0.01	0.01	-0.04	0.22	0.02	-0.19	0.32	-0.33	0.02	0.26	0.09	-0.19	0.08	0.14	0.03	0.18	0.10	0.41	-0.16	-0.27	-0.21	-0.09
vynech			0.74	0.83	0.11	0.26	-0.22	-0.26	-0.28	0.05	0.06	-0.01	-0.21	0.38	-0.23	-0.06	0.19	-0.03	-0.31	0.16	0.10	0.04	0.11	0.20	0.38	-0.12	-0.19	-0.21	-0.12
Narv				0.89	-0.23	-0.15	0.20	0.27	0.28	-0.14	0.35	0.04	-0.12	0.23	-0.37	0.05	0.40	0.20	-0.18	-0.03	0.05	0.00	0.23	0.01	0.34	-0.25	-0.29	-0.21	-0.08
Nark					-0.11	0.14	-0.07	-0.14	-0.14	-0.05	0.28	0.01	-0.09	0.26	-0.30	-0.04	0.46	0.16	-0.35	0.00	-0.07	-0.02	0.22	0.07	0.29	-0.31	-0.22	-0.25	-0.13
součet						0.65	-0.03	0.02	0.01	-0.34	-0.01	0.05	-0.14	0.23	0.17	-0.11	0.30	0.46	0.01	0.25	0.11	-0.15	-0.07	0.32	0.04	0.00	0.04	-0.04	-0.03
nasem							0.19	0.30	0.29	-0.33	-0.18	-0.03	0.04	-0.02	0.17	-0.26	0.11	0.24	-0.09	0.16	-0.07	-0.28	-0.04	0.36	-0.06	0.24	0.14	-0.21	0.03
Listy								0.89	0.93	-0.08	-0.03	-0.23	-0.07	-0.23	0.06	-0.08	-0.24	-0.21	-0.14	-0.03	-0.06	-0.03	-0.03	-0.16	-0.12	0.55	0.17	-0.14	-0.04
koreny									1.00	-0.28	-0.11	-0.03	0.15	-0.27	0.21	-0.01	-0.14	-0.10	-0.01	0.12	0.01	-0.14	0.06	-0.11	-0.16	0.63	0.15	0.00	0.12
biom										-0.25	-0.10	-0.07	0.11	-0.27	0.19	-0.02	-0.16	-0.13	-0.04	0.09	0.00	-0.13	0.04	-0.12	-0.16	0.62	0.16	-0.02	0.09
nad.pod											0.06	0.08	-0.09	0.03	-0.09	0.18	-0.01	-0.24	0.09	0.08	0.03	0.24	-0.17	-0.17	-0.09	0.06	0.08	-0.30	-0.26
3rs												0.04	0.13	0.18	0.11	0.01	0.38	0.34	0.11	0.04	0.06	0.00	0.05	-0.11	0.26	-0.14	0.18	0.28	0.18
Mes													0.01	-0.04	-0.20	-0.02	0.01	-0.14	0.07	0.10	-0.07	0.12	-0.18	0.19	-0.18	-0.12	-0.35	-0.10	-0.03
0cel														0.02	0.51	0.37	0.33	0.41	0.58	0.36	0.24	-0.32	0.17	0.07	0.00	0.21	0.38	0.36	0.06
03t															0.10	-0.19	0.17	0.21	-0.09	0.28	0.28	-0.22	0.07	0.27	0.77	-0.07	-0.07	0.02	-0.19
06t																0.16	0.27	0.39	0.30	0.33	0.28	-0.20	0.05	0.12	-0.06	0.62	0.76	0.18	-0.05
1cel																	0.21	0.48	0.66	0.22	0.39	0.46	0.09	-0.07	-0.18	0.03	0.11	0.17	0.00
13t																		0.70	0.17	0.43	0.32	-0.06	0.15	-0.13	0.04	0.05	0.16	0.09	0.07
16t																			0.40	0.40	0.40	-0.01	0.25	0.18	0.11	0.05	0.31	0.20	0.14
2cel																				0.47	0.56	0.22	-0.20	0.18	-0.14	0.18	0.12	0.49	0.24
23t																					0.79	-0.02	-0.09	0.25	0.08	0.31	0.09	0.26	0.24
26t																						0.14	-0.11	0.19	0.28	0.25	0.01	0.31	0.15
0/1cel																							0.09	-0.06	-0.17	-0.07	-0.15	-0.12	-0.08
0/2cel																								-0.07	0.32	-0.02	0.35	-0.12	-0.13
0/13t																									0.12	0.06	0.03	-0.05	-0.06
0/23t																										-0.09	0.01	0.12	-0.13
0/16t																										0.53	0.03	-0.15	
0/26t																												0.06	-0.09
počet																													0.65

Korelační koeficienty pro porovnání vlastních charakteristik a údajů z databází

Červeně značeny koeficienty, které jsou průkazné ($p < 0,05$), údaje na hranici průkaznosti zde nebyly nalezeny.

Zobrazuji pouze výsek matice, kde srovnávám vlastní data s databázovými. Vynechávám údaje, které byly korelovány v předchozích maticích. Zkratky po řadě znamenají: kk – konec kvetení, vys – výška rostliny v květu, dz – délka života ramety, cel – čeleď (zde po převodu na čísla nemá smysl kladnost/zápornost koeficientu), vah – váha semen, vlis – výška vegetativních orgánů rostliny, sir – vzdálenost, na kterou se druh šíří semeny, rpk – věk, ve kterém druh poprvé kvete, lis – distribuce listů na stonku (rozeta =1, rovnoměrně olistění =3), ston – vzpřímenost stonku, s/r – počet semen produkovaný jednou rametou za rok, Tban – semenná banka podle Thompsona, per – schopnost klonálního rozmnožování, pveg – počet vegetativních potomků za rok, vveg – vzdálenost, do které se vegetativní potomek dostane od mateřského organismu, L, T, K, F, N – Ellenbergovy hodnoty pro světlo, teplo, kontinentalitu, vlhkost a dostupnost dusíku v půdě.

Vynech – výsev nenarušovaný výsev, nark – neosívaná narušená plocha, součet – počet rostlin vzešlých v zahradním pokusu, biomasa – množství biomasy vyprodukované druhem v zahradním pokusu, nad.pod – poměr nadzemní a podzemní biomasy v zahradním pokusu, trs – tendence k tvorbě trsů, mes – měsíc, ve kterém dozrávají semena, 0cel – procento klíčivých čerstvých semen, 0/1cel, 0/2cel – mezisezónní pokles klíčivosti semen (počet klíčivých čerstvých semen lomený počtem semen klíčích v prvním (respektive druhém) roce v zemi), počet – počet semen vyprodukovaných porostem za sezonu.

	kk	vys	dz	cel	vah	vlis	sir	rpk	lis	ston	s/r	Tban	per	pveg	vveg	L	T	K	F	N
vynech	0.09	0.17	0.04	-0.16	0.72	0.35	-0.18	0.33	-0.22	0.56	-0.06	-0.26	0.08	0.45	0.53	0.05	0.10	0.15	0.09	0.16
nark	0.13	0.16	-0.06	-0.12	0.80	0.37	-0.16	0.11	-0.21	0.59	-0.08	-0.24	0.08	0.09	0.11	-0.14	0.30	-0.05	0.12	-0.08
součet	-0.21	0.57	0.20	-0.23	-0.21	0.37	-0.23	0.56	0.04	0.17	0.71	-0.27	0.04	0.26	0.03	-0.24	-0.15	0.29	0.35	0.05
biomasa	-0.10	-0.09	-0.15	-0.15	0.10	0.04	0.07	-0.19	-0.19	-0.33	-0.05	-0.18	0.10	0.09	-0.12	-0.03	0.35	-0.21	-0.28	-0.41
nad.pod	0.24	-0.58	-0.08	0.09	-0.03	-0.36	0.40	-0.21	-0.18	-0.47	-0.23	0.65	-0.35	-0.09	0.05	0.21	0.20	-0.15	-0.16	0.08
trs	0.30	0.35	0.08	-0.04	0.11	0.14	0.17	-0.15	-0.41	0.02	0.09	0.22	0.03	0.22	-0.06	0.11	0.23	0.25	-0.07	0.37
mes	0.24	0.33	-0.38	0.24	0.17	0.23	-0.17	0.23	-0.04	0.14	-0.16	-0.03	-0.40	-0.13	-0.05	0.06	-0.62	-0.15	0.50	0.10
0cel	0.11	0.01	-0.13	0.34	-0.16	0.16	0.31	-0.28	-0.12	0.06	-0.14	0.18	0.17	-0.02	0.00	-0.11	-0.18	0.27	-0.24	0.37
0/1cel	-0.20	-0.01	0.05	0.09	0.03	-0.07	-0.26	0.09	0.07	-0.01	0.44	0.05	-0.10	0.14	-0.03	0.00	-0.37	-0.16	0.31	-0.21
0/2cel	-0.19	0.05	-0.15	-0.13	-0.01	0.12	0.05	-0.05	-0.23	0.04	-0.11	-0.09	-0.08	0.13	0.08	-0.08	-0.39	-0.05	0.09	-0.09
počet	0.08	0.16	-0.07	0.22	-0.26	-0.04	0.12	-0.36	0.09	0.08	0.34	0.23	0.18	0.14	-0.06	0.22	-0.04	0.34	-0.30	0.27

